

**UNIVERSITE MOHAMED V
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
DE RABAT**



N°18/14

**KIT D'AUTOFORMATION
EN RADIOPROTECTION DESTINE
AUX MEDECINS DU TRAVAIL**

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE.....

PAR

Mme. Leila BELAROUSSI

Médecin Interne au CHU Ibn Sina - Rabat

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS CLES : RADIOPROTECTION – AUTOFORMATION – MEDECINE DU TRAVAIL

JURY

Mr. M. ADNAOUI

Professeur de l'Enseignement Supérieur de Médecine Interne

Mr. A. EL KHOLTI

Professeur de l'Enseignement Supérieur de Médecine du Travail

Mr. M. AHALLAT

Professeur de l'Enseignement Supérieur de Chirurgie Générale

Mr. B. BENALI

Professeur Agrégé de Médecine du Travail

} PRESIDENT
}
} RAPPORTEUR
}
} JUGES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا

إنك أنت العليم الحكيم

بِسْمِ اللَّهِ
الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سورة البقرة: الآية: 31



LISTE DES PROFESSEURS



UNIVERSITE MOHAMMED V- SOUISSI

FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969	: Docteur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974	: Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981	: Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989	: Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997	: Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003	: Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 - 2013	: Professeur Najia HAJJAJ - HASSOUNI

ADMINISTRATION :

Doyen :	Professeur Mohamed ADNAOUI
Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et Etudiantines	Professeur Mohamed AHALLAT
Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération	Professeur Jamal TAOUIK
Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie	Professeur Jamal TAOUIK
Secrétaire Général :	Monsieur El Hassane AHALLAT

PROFESSEURS :

Mai et Octobre 1981

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajih	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. TAOBANE Hamid*	Chirurgie Thoracique

Mai et Novembre 1982

Pr. ABROUQ Ali*	Oto-Rhino-Laryngologie
Pr. BENSOUHA Mohamed	Anatomie
Pr. BENOSMAN Abdellatif	Chirurgie Thoracique
Pr. LAHBABI ép. AMRANI Naïma	Physiologie

Novembre 1983

Pr. BELLAKHDAR Fouad	Neurochirurgie
Pr. HAJJAJ Najia ép. HASSOUNI	Rhumatologie

Décembre 1984

Pr. EL OUEDDARI Brahim El Khalil	Radiothérapie
Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	Chirurgie

Novembre et Décembre 1985

Pr. BENJELLOUN Halima
Pr. BENSALD Younes
Pr. EL ALAOUI Faris Moulay El Mostafa
Pr. IRAQI Ghali

Cardiologie
Pathologie Chirurgicale
Neurologie
Pneumo-phtisiologie

Janvier, Février et Décembre 1987

Pr. AJANA Ali
Pr. CHAHED OUZZANI ép.TAOBANE Houria
Pr. EL YAACOUBI Moradh
Pr. ESSAID EL FEYDI Abdellah
Pr. LACHKAR Hassan
Pr. YAHYAOUI Mohamed

Radiologie
Gastro-Entérologie
Traumatologie Orthopédie
Gastro-Entérologie
Médecine Interne
Neurologie

Décembre 1988

Pr. BENHMAMOUCHE Mohamed Najib
Pr. DAFIRI Rachida
Pr. HERMAS Mohamed
Pr. TOULOUNE Farida*

Chirurgie Pédiatrique
Radiologie
Traumatologie Orthopédie
Médecine Interne

Décembre 1989 Janvier et Novembre 1990

Pr. ADNAOUI Mohamed
Pr. BOUKILI MAKHOUKHI Abdelali
Pr. CHAD Bouziane
Pr. CHKOFF Rachid
Pr. FARCHADO Fouzia ép.BENABDELLAH
Pr. HACHIM Mohammed*
Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. MANSOURI Fatima
Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda
Pr. TAZI Saoud Anas

Médecine Interne
Cardiologie
Pathologie Chirurgicale
Pathologie Chirurgicale
Pédiatrique
Médecine-Interne
Gynécologie -Obstétrique
Anatomie-Pathologique
Neurologie
Anesthésie Réanimation

Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia
Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA ép. HASSAM Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENABDELLAH Chahrazad
Pr. BENCHEKROUN BELABBES Abdelatif
Pr. BENSOUDA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZZAD Rachid
Pr. CHABRAOUI Layachi
Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. JANATI Idrissi Mohamed*
Pr. KHATTAB Mohamed
Pr. SOULAYMANI ép.BENCHEIKH Rachida
Pr. TAOUFIK Jamal

Anatomie-Pathologique
Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chirurgie Générale
Hématologie
Chirurgie Générale
Pharmacie galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Biochimie et Chimie
Pharmacologie
Histologie Embryologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Pharmacologie
Chimie thérapeutique

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUA Adil
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib
Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza
Pr. CHRAIBI Chafiq
Pr. DAOUDI Rajae
Pr. DEHAYNI Mohamed*
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. GHAFIR Driss*
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. OUZZANI TAIBI Med Charaf Eddine
Pr. TAGHY Ahmed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Chirurgie Générale
Anesthésie Réanimation
Radiologie
Gastro-Entérologie
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Neurochirurgie
Cardiologie
Médecine Interne
Anatomie
Gynécologie Obstétrique
Chirurgie Générale
Microbiologie

Mars 1994

Pr. AGNAOU Lahcen
Pr. BENCHERIFA Fatiha
Pr. BENJAAFAR Nouredine
Pr. BENRAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid
Pr. EL AMRANI ép. AHALLAT Sabah
Pr. EL AOUAD Rajae
Pr. EL BARDOUNI Ahmed
Pr. EL HASSANI My Rachid
Pr. EL IDRISSE LAMGHARI Abdennaceur
Pr. ERROUGANI Abdelkader
Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. HADRI Larbi*
Pr. HASSAM Badredine
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. JELTHI Ahmed
Pr. MAHFOUD Mustapha
Pr. MOUDENE Ahmed*
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI ép. BELKHADIR Karima

Ophtalmologie
Ophtalmologie
Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies Métabolique
Gynécologie Obstétrique
Immunologie
Traumato Orthopédie
Radiologie
Médecine Interne
Chirurgie Générale
Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Médecine Interne
Dermatologie
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique
Traumatologie Orthopédie
Traumatologie Orthopédie
Gynécologie Obstétrique
Dermatologie

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. ABDELHAK M'barek
Pr. BELAIDI Halima
Pr. BARHMI Rida Slimane
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHAMI Ilham
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae
Pr. EL ABBADI Najia
Pr. HANINE Ahmed*
Pr. JALIL Abdelouahed
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Urologie
Chirurgie - Pédiatrique
Neurologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Gynécologie -Obstétrique
Traumatologie -Orthopédie
Radiologie
Ophtalmologie
Neurochirurgie
Radiologie
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAOUI Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. BEDDOUCHE Amocrane*
Pr. CHAARI Jilali*
Pr. DIMOU M'barek*
Pr. DRISSI KAMILI Mohammed Nordine*
Pr. EL MESNAOUI Abbès
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila
Pr. FERHATI Driss
Pr. HASSOUNI Fadil
Hygiène
Pr. HDA Abdelhamid*
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. IBRAHIMY Wafaa
Pr. MANSOURI Aziz
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Urologie
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Gynécologie Obstétrique
Médecine Préventive, Santé Publique et

Cardiologie
Urologie
Ophtalmologie
Radiothérapie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya*
Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. MAHFOUDI M'barek*
Pr. MOHAMMADINE EL Hamid
Pr. MOHAMMADI Mohamed
Pr. MOULINE Soumaya
Pr. OUADGHIRI Mohamed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Radiologie
Chirurgie Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Générale
Médecine Interne
Pneumo-phtisiologie
Traumatologie – Orthopédie
Néphrologie
Cardiologie

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BEN AMAR Abdesslem
Pr. BEN SLIMANE Lounis
Pr. BIROUK Nazha
Pr. CHAOUIR Souad*
Pr. DERRAZ Said
Pr. ERREIMI Naima
Pr. FELLAT Nadia
Pr. GUEDDARI Fatima Zohra
Pr. HAIMEUR Charki*
Pr. KADDOURI Nouredine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ
Pr. NAZI M'barek*

Gynécologie – Obstétrique
Chirurgie Générale
Urologie
Neurologie
Radiologie
Neurochirurgie
Pédiatrie
Cardiologie
Radiologie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie – Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Cardiologie

Pr. OUAHABI Hamid*
Pr. TAOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Neurologie
Psychiatrie
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. AFIFI RAJAA
Pr. BENOMAR Ali
Pr. BOUGTAB Abdesslam
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. EZZAITOUNI Fatima
Pr. LAZRAK Khalid*
Pr. BENKIRANE Majid*
Pr. KHATOURI Ali*
Pr. LABRAIMI Ahmed*

Gastro - Entérologie
Neurologie
Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Néphrologie
Traumatologie Orthopédie
Hématologie
Cardiologie
Anatomie Pathologique

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
Pr. AIT OUMAR Hassan
Pr. BENCHERIF My Zahid
Pr. BENJELLOUN DAKHAMA Badr.Sououd
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
Pr. CHAOUI Zineb
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
Pr. ECHARRAB El Mahjoub
Pr. EL FTOUH Mustapha
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*
Pr. EL OTMANYAzzedine
Pr. HAMMANI Lahcen
Pr. ISMAILI Mohamed Hatim
Pr. ISMAILI Hassane*
Pr. KRAMI Hayat Ennoufouss
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim*
Pr. TACHINANTE Rajae
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumo-phtisiologie
Pédiatrie
Ophtalmologie
Pédiatrie
Pneumo-phtisiologie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pneumo-phtisiologie
Neurochirurgie
Chirurgie Générale
Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Traumatologie Orthopédie
Gastro-Entérologie
Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Médecine Interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
Pr. AIT OURHROUIL Mohamed
Pr. AJANA Fatima Zohra
Pr. BENAMR Said
Pr. BENCHEKROUN Nabih
Pr. CHERTI Mohammed
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
Pr. EL HASSANI Amine
Pr. EL IDGHIRI Hassan
Pr. EL KHADER Khalid
Pr. EL MAGHRAOUI Abdellah*
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
Pr. HSSAIDA Rachid*
Pr. Lahlou Abdou
Pr. MAFTAH Mohamed*

Neurologie
Dermatologie
Gastro-Entérologie
Chirurgie Générale
Ophtalmologie
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Pédiatrie
Oto-Rhino-Laryngologie
Urologie
Rhumatologie
Endocrinologie et Maladies Métaboliques
Anesthésie-Réanimation
Traumatologie Orthopédie
Neurochirurgie

Pr. MAHASSINI Najat
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae
Pr. NASSIH Mohame*
Faciale
Pr. ROUIMI Abdelhadi

Anatomie Pathologique
Pédiatrie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-

Neurologie

Décembre 2001

Pr. ABABOU Adil
Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BELMEKKI Mohammed
Pr. BENABDELJLIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOUACHANE Thami
Pr. BENYOUSSEF Khalil
Pr. BERRADA Rachid
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUHOUCHE Rachida
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. CHELLAOUI Mounia
Pr. DAALI Mustapha*
Pr. DRISSI Sidi Mourad*
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik
Pr. EL MOUSSAIF Hamid
Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. GOURINDA Hassan
Pr. HRORA Abdelmalek
Pr. KABBAJ Saad
Pr. KABIRI EL Hassane*
Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim
Pr. MAHASSIN Fattouma*
Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MIKDAME Mohammed*
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine
Pr. SABBAH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Ophtalmologie
Neurologie
Néphrologie
Pneumo-phtisiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Dermatologie
Gynécologie Obstétrique
Rhumatologie
Anatomie
Cardiologie
Radiologie
Radiologie
Radiologie
Chirurgie Générale
Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Neuro-Chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neuro-Chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique
Chirurgie Générale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Thoracique
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Médecine Interne
Chirurgie Générale
Hématologie Clinique
Chirurgie Générale
Urologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane*
Pr. AMEUR Ahmed*

Anatomie Pathologique
Urologie

Pr. AMRI Rachida
 Pr. AOURARH Aziz*
 Pr. BAMOU Youssef *
 Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
 Pr. BENZEKRI Laila
 Pr. BENZZOUBEIR Nadia*
 Pr. BERNOUSSI Zakiya
 Pr. BICHRA Mohamed Zakarya
 Pr. CHOHO Abdelkrim *
 Pr. CHKIRATE Bouchra
 Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair
 Pr. EL BARNOUSSI Leila
 Pr. EL HAOURI Mohamed *
 Pr. EL MANSARI Omar*
 Pr. ES-SADEL Abdelhamid
 Pr. FILALI ADIB Abdelhai
 Pr. HADDOUR Leila
 Pr. HAJJI Zakia
 Pr. IKEN Ali
 Pr. ISMAEL Farid
 Pr. JAAFAR Abdeloihab*
 Pr. KRIOULE Yamina
 Pr. LAGHMARI Mina
 Pr. MABROUK Hfid*
 Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss*
 Pr. MOUSTAGHFIR Abdelhamid*
 Pr. NAITLHO Abdelhamid*
 Pr. OUJILAL Abdelilah
 Pr. RACHID Khalid *
 Pr. RAISS Mohamed
 Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha*
 Pr. RHOU Hakima
 Pr. SIAH Samir *
 Pr. THIMOU Amal
 Pr. ZENTAR Aziz*

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
 Pr. AMRANI Mariam
 Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
 Pr. BENKIRANE Ahmed*
 Pr. BOUGHALEM Mohamed*
 Pr. BOULAADAS Malik
 Pr. BOURAZZA Ahmed*
 Pr. CHAGAR Belkacem*
 Pr. CHERRADI Nadia
 Pr. EL FENNI Jamal*
 Pr. EL HANCHI Zaki
 Pr. EL KHORASSANI Mohamed
 Pr. EL YOUNASSI Badreddine*
 Pr. HACHI Hafid

Cardiologie
 Gastro-Entérologie
 Biochimie-Chimie
 Endocrinologie et Maladies Métaboliques
 Dermatologie
 Gastro – Enterologie
 Anatomie Pathologique
 Psychiatrie
 Chirurgie Générale
 Pédiatrie
 Chirurgie Pédiatrique
 Gynécologie Obstétrique
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Chirurgie Générale
 Gynécologie Obstétrique
 Cardiologie
 Ophtalmologie
 Urologie
 Traumatologie Orthopédie
 Traumatologie Orthopédie
 Pédiatrie
 Ophtalmologie
 Traumatologie Orthopédie
 Gynécologie Obstétrique
 Cardiologie
 Médecine Interne
 Oto-Rhino-Laryngologie
 Traumatologie Orthopédie
 Chirurgie Générale
 Pneumo-phtisiologie
 Néphrologie
 Anesthésie Réanimation
 Pédiatrie
 Chirurgie Générale

Ophtalmologie
 Anatomie Pathologique
 Oto-Rhino-Laryngologie
 Gastro-Entérologie
 Anesthésie Réanimation
 Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 Neurologie
 Traumatologie Orthopédie
 Anatomie Pathologique
 Radiologie
 Gynécologie Obstétrique
 Pédiatrie
 Cardiologie
 Chirurgie Générale

Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KARMANE Abdelouahed
Pr. KHABOUZE Samira
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. LEZREK Mohammed*
Pr. MOUGHIL Said
Pr. SASSENOU Ismail*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdelah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALAOUI Ahmed Essaid
Pr. ALLALI fadoua
Pr. AMAR Yamama
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. AZIZ Noureddine*
Pr. BAHIRI Rachid
Pr. BARAKAT Amina
Pr. BENHALIMA Hanane
Faciale
Pr. BENHARBIT Mohamed
Pr. BENYASS Aatif
Pr. BERNOUSSI Abdelghani
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Mohamed
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. EL HAMZAOUI Sakina
Pr. HAJJI Leila
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. KARIM Abdelouahed
Pr. KENDOSSI Mohamed*
Pr. LAAROSSI Mohamed
Pr. LYACOUBI Mohammed
Pr. NIAMANE Radouane*
Pr. RAGALA Abdelhak
Pr. SBIHI Souad
Pr. TNACHERI OUAZZANI Btissam
Pr. ZERAIDI Najia

Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. AKJOUJ Said*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BIYI Abdelhamid*

Pédiatrie
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Traumatologie Orthopédie
Urologie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Gastro-Entérologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Rhumatologie
Néphrologie
Ophtalmologie
Radiologie
Rhumatologie
Pédiatrie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo

Ophtalmologie
Cardiologie
Ophtalmologie
Ophtalmologie
Biophysique
Microbiologie
Cardiologie
Pédiatrie
Radiologie
Ophtalmologie
Cardiologie
Chirurgie Cardio Vasculaire
Parasitologie
Rgumatologie
Gynécologie Obstétrique
Histo Embryologie Cytogénétique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique

Anesthésie Réanimation

Rhumatologie
Radiologie
Hématologie
O.R.L
Biophysique

Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. ESSAMRI Wafaa
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. GHADOUANE Mohammed*
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. HNAFI Sidi Mohamed*
Pr. IDRIS LAHLOU Amine
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. KHARCHAFI Aziz*
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SEKKAT Fatima Zahra
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Chirurgie – Pédiatrique
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Gastro-Entérologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Urologie
Médecine Interne
Anesthésie Réanimation
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie – Pédiatrique
Médecine Interne
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Psychiatrie
Pneumo-Phtisiologie
Biochimie
Pneumo-Phtisiologie

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. ACHOUR Abdessamad*
Pr. AIT HOUSSA Mahdi*
Pr. AMHAJJI Larbi*
Pr. AMMAR Haddou
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAIE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*
Pr. BOUTIMZIANE Nourdine
Pr. CHARKAOUI Naoual*
Pr. EHIRCHIOU Abdelkader*
Pr. ELABSI Mohamed
Pr. EL BEKKALI Youssef*
Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
Pr. EL OMAR! Fatima
Pr. GANA Rachid
Pr. GHARIB Nouredine
Pr. HADADI Khalid*
Pr. ICHOU Mohamed*
Pr. ISMAILI Nadia

Réanimation médicale
Pneumo phtisiologie
Chirurgie générale
Chirurgie cardiovasculaire
Traumatologie orthopédie
ORL
Parasitologie
Anesthésie réanimation
Biochimie-chimie
Pharmacie clinique
Ophtalmologie
Pharmacie galénique
Chirurgie générale
Chirurgie générale
Chirurgie cardiovasculaire
Anesthésie réanimation
Psychiatrie
Neurochirurgie
Chirurgie plastique et réparatrice
Radiothérapie
Oncologie médicale
Dermatologie

Pr. KEBDANI Tayeb
Pr. LALAOUI SALIM Jaafar*
Pr. LOUZI Lhoussain*
Pr. MADANI Naoufel
Pr. MAHI Mohamed*
Pr. MARC Karima
Pr. MASRAR Azlarab
Pro MOUSSAOUI Abdelmajid
Pro MOUTAJ Redouane *
Pr. MRABETMustapha*
hygiène
Pr. MRANI Saad *
Pr. OUZZIF Ez zohra*
Pr. RABHI Monsef*
Pr. RADOUANE Bouchaib*
Pr. SEFF AR Myriame
Pr. SEKHSOKH Yessine*
Pr. SIFAT Hassan *
Pr. TABERKANET Mustafa*
Pr. TACHFOUTI Samira
Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
Pr. TANANE Mansour*
Pr. TLIGUI Houssain
Pr. TOUA TI Zakia

Décembre 2008

Pr. ZOUBIR Mohamed*
Pr. TAHIRI My El Hassan *

Radiothérapie
Anesthésie réanimation
Microbiologie
Réanimation médicale
Radiologie
Pneumo phtisiologie
Hématologique
Anesthésier réanimation
Parasitologie
Médecine préventive santé publique et

Virologie
Biochimie-chimie
Médecine interne
Radiologie
Microbiologie
Microbiologie
Radiothérapie
Chirurgie vasculaire périphérique
Ophtalmologie
Chirurgie générale
Traumatologie orthopédie
Parasitologie
Cardiologie

Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale

PROFESSEURS AGREGES :

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
Pr. AGDR Aomar*
Pr. AIT ALI Abdelmounaim *
Pr, AIT BENHADDOU El Hachmia
Pr. AKHADDAR Ali*
Pr. ALLALI Nazik
Pr. AMAHZOUNE Brahim *
Pr. AMINE Bouchra
Pr. AZENDOUR Hicham*
Pr. BEL YAMANI Lahcen*
Pr. BJIJOU Younes
Pr. BOUHSAIN Sanae*
Pr. BOUI Mohammed*
Pr. BOUNAIM Ahmed*
Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
Pr. CHAKOUR Mohammed *
Pr. CHTA TA Hassan Toufik*

Médecine interne
Pédiatre
Chirurgie Générale
Neurologie
Neuro-chirurgie
Radiologie
Chirurgie Cardio-vasculaire
Rhumatologie
Anesthésie Réanimation
Anesthésie Réanimation
Anatomie
Biochimie-chimie
Dermatologie
Chirurgie Générale
Traumatologie orthopédique
Hématologie biologique
Chirurgie vasculaire périphérique

Pr. DOGHMI Kamal*
Pr. EL MALKI Hadj Omar
Pr. EL OUENNASS Mostapha*
Pr. ENNIBI Khalid *
Pr. FA THI Khalid
Pr. HASSIKOU Hasna *
Pr. KABBAJ Nawal
Pr. KABIRI Meryem
Pr. KADI Said *
Pr. KARBOUBI Lamya
Pr. L'KASSIMI Hachemi*
Pr. LAMSAOURI Jamal*
Pr. MARMADE Lahcen
Pr. MESKINI Toufik
Pr. MESSAOUDI Nezha *
Pr. MSSROURI Rahal
Pr. NASSAR Ittimade
Pr. OUKERRAJ Latifa
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani *
Pr. ZOUHAIR Said*

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
Pr. AMEZIANE Tao u fiq *
Pr. BELAGUID Abdelaziz
Pr. BOUAITY Brahim *
Pr. CHADLI Mariama*
Pr. CHEMSI Mohamed*
Pr. CHERRADI Ghizlan
Pr. DAMI Abdellah*
Pr. DARBI Abdellatif"
Pr. DENDANE Mohammed Anouar
Pr. EL HAFIDI Naima
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
Pr. EL MAZOUZ Samir
Pr. EL SA YEGH Hachem
Pro ERRABIH Ikram
Pr. LAMALMI Najat
Pr. LEZREK Mounir
Pr. MALIH Mohamed*
Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. NAZIH Mouna *
Pr. RAISSOUM Zakaria*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Mai 2012

Pr. Abdelouahed AMRANI
Pr. ABOUELALAA Khalil*
Pr. Ahmed JAHID
Pr. BELAIZI Mohamed*

Hématologie clinique
Chirurgie Générale
Microbiologie
Médecine interne
Gynécologie obstétrique
Rhumatologie
Gastro-entérologie
Pédiatrie
Traumatologie orthopédique
Pédiatrie
Microbiologie
Chimie Thérapeutique
Chirurgie Cardio-vasculaire
Pédiatrie
Hématologie biologique
Chirurgie Générale
Radiologie
Cardiologie
Pneumo-phtisiologie
Microbiologie

Anesthésie réanimation
Médecine interne
Physiologie
ORL
Microbiologie
Médecine aéronautique
Cardiologie
Biochimie chimie
Radiologie
Chirurgie pédiatrique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie plastique et réparatrice
Urologie
Gastro entérologie
Anatomie pathologique
Ophtalmologie
Pédiatrie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie générale
Hématologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie pathologique

Chirurgie Pédiatrique
Anesthésie Réanimation
Anatomie Pathologique
Psychiatrie

Pr. BENCHEBBA Drissi*
Pr. DRISSI Mohamed*
Pr. EL KHATTABI Abdessadek*
Pr. EL OUAZZANI Hanane*
Pr. MEHSSANI Jamal*
Pr. Mouna EL ALAOUI MHAMDI
Pr. Mounir ER-RAJI
Pr. RAISSOUNI Maha*

Traumatologie Orthopédique
Anesthésie Réanimation
Médecine Interne
Pneumophtisiologie
Psychiatrie
Chirurgie Générale
Chirurgie Pédiatrique
Cardiologie

ENSEIGNANTS SCIENTIFIQUES

PROFESSEURS

Pr. ABOUDRAR Saadia
Pr. ALAMI OUHABI Naima
Pr. ALAOUI KA TIM
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma
Pr. ANSAR M'hammed
Pr. BOUHOUCHE Ahmed
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz
Pr. BOURJOUANE Mohamed
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia
Pr. DAKKA Taoufiq
Pr. DRAOUI Mustapha
Pr. EL GUESSABI Lahcen
Pr. ETT AIB Abdelkader
Pr. F AOUIZI Moulay El Abbas
Pr. HAMZAOUI Laila
Pr. HMAMOUCHE Mohamed
Pr. IBRAHIMI Azeddine
Pr. KHANFRI Jamal Eddine
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med
Pr. REDHA Ahlam
Pr. TOUA TI Driss
Pr. ZAHIDI Ahmed
Pr. ZELLOU Amina

Physiologie
Biochimie
Pharmacologie
Histologie-Embryologie
Chimie Organique et: Pharmacie Chimique
Génétique Humaine
Applications Pharmaceutiques
Microbiologie
Biochimie
Physiologie
Chimie Analytique
Pharmacognosie
Zootechnie
Pharmacologie
Biophysique
Chimie Organique
Biotechnologie
Biologie
Chimie Organique
Biochimie
Pharmacognosie
Pharmacologie
Chimie Organique

Enseignants Militaires *

Mise à jour le 02/05/2013

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... ✍

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,

le respect, la reconnaissance... ✍

Aussi, c'est tout simplement que... ✍



Je dédie cette thèse...

A MON TRÈS CHER PÈRE LHAJ EL MAHJOUB

A celui qui m'a aidé à découvrir le 'savoir' le trésor inépuisable.

De tous les pères, tu as été le meilleur, tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, m'apprendre le sens du travail, de l'honnêteté et de la responsabilité.

Merci d'avoir été toujours là pour moi, un grand soutien tout au long de mes études.

Tu as été et tu seras toujours un exemple à suivre pour tes qualités humaines, ta persévérance et ton perfectionnisme.

Des mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon respect, ma considération, ma reconnaissance et mon amour éternel.

Que Dieu te préserve des malheurs de la vie afin que tu demeures le flambeau illuminant mon chemin...

Ce travail est ton œuvre, toi qui m'a donné tant de choses et tu continues à le faire... sans jamais te plaindre. J'aimerais pouvoir te rendre tout l'amour et la dévotion que tu nous as offerts, mais une vie entière n'y suffirait pas. J'espère au moins que ce mémoire y contribuera en partie...

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE LALLA EL GHALIA

A la plus douce et la plus merveilleuse de toutes les mamans.

A une personne qui m'a tout donné sans compter.

Aucun hommage ne saurait transmettre à sa juste valeur ; l'amour, le dévouement et le respect que je porte pour toi.

Sans toi, je ne suis rien, mais grâce à toi je deviens médecin.

J'implore Dieu qu'il te procure santé et qu'il m'aide à te compenser tous les malheurs passés. Pour que plus jamais le chagrin ne pénètre ton cœur, car j'aurais encore besoin de ton amour.

Je te dédie ce travail qui grâce à toi a pu voir le jour.

Je te dédie à mon tour cette thèse qui concrétise ton rêve le plus cher et qui n'est que le fruit de tes conseils et de tes encouragements.

Tu n'a pas cessé de me soutenir et de m'encourager, ton amour, ta générosité exemplaire et ta présence constante ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Tes prières ont été pour moi un grand soutien tout au long de mes études.

J'espère que tu trouveras dans ce modeste travail un témoignage de ma gratitude, ma profonde affection et mon profond respect.

Puisse Dieu tout puissant te protéger du mal, te procurer longue vie, santé et bonheur afin que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois.

Je t'aime maman...

MES TRÈS CHERS FRÈRES ET SŒURS

Quoique je dise, je ne saurais exprimer l'amour et la tendresse que j'ai pour vous.

Je vous remercie, pour votre support et vos encouragements qui n'ont cessé de me guider tout au long de mon parcours.

Puisse DIEU, le tout puissant, vous préserver du mal, vous combler de santé et de bonheur.

J'espère que vous trouverez dans ce travail un témoignage de mes sentiments les plus sincères et les plus affectueux.

Je vous aime très fort...

A LA MEMOIRE DE MON TRÈS CHER FRÈRE RACHID

Je dédie ce travail à la mémoire d'une belle âme, toute innocente, celle de mon frère disparu trop tôt.

Ton absence est difficile à accepter. Tu me manques beaucoup, ton joli sourire personne ne l'oubliera. Ainsi à jamais tu resteras dans mon cœur et je t'y garderai précieusement.

J'espère que, de ton paradis des anges, tu apprécies cet humble geste comme preuve d'amour de ma part.

A Dieu nous appartenons, et à lui nous retournons...

A MON FILS AMR

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer l'amour...

Bref, tu es la joie de ma vie.

J'espère que ma thèse sera pour toi source de fierté et qu'elle sera un exemple à suivre.

Ta joie de vivre et ton sourire ont été pour moi le meilleur encouragement que je puisse avoir.

Que Dieu te garde et te protège.

A LA MEMOIRE DE MES CHERS GRANDS-PARENTS

Puisse ce travail être une prière pour le repos de vos âmes.

J'aurais bien aimé que vous soyez parmi nous pour que vous partagiez ce bonheur.

Puisse DIEU vous réserver sa clémence et bien large miséricorde et vous accueillir en son vaste paradis auprès des prophètes et des sains.

Je vous aime...

A MES ADORABLES NEVEUX

Je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.

Ne voyez pas en moi un exemple à suivre mais à dépasser.

A MES GRANDS AMIS ET COLLEGUES

En tête de liste; Laila Bellabdaoui, Laila Nahime, Rime Ellougani...

Un grand merci pour votre soutien, vos encouragements, votre aide.

J'ai trouvé en vous le refuge de mes chagrins et mes secrets.

En souvenir des moments merveilleux que nous avons passés et aux liens solides qui nous unissent.

Avec toute mon affection et estime, je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur dans votre vie professionnelle que privée.

Je prie Dieu pour que notre amitié et fraternité soient éternelles...

Remerciements



*A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR M. ADNAOUI
Professeur de l'Enseignement Supérieur de Médecine Interne
Doyen de la Faculté et de Médecine et de Pharmacie de Rabat
Faculté de Médecine et de Pharmacie - Rabat*

Vous nous avez accordé un grand honneur en acceptant de présider le jury de notre thèse.

Votre culture scientifique, vos compétences professionnelles incontestables ainsi que vos qualités humaines vous valent l'admiration et le respect.

Veillez, Cher Maître, trouver dans ce modeste travail l'expression de notre haute considération et notre profond respect.

*A NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR A. EL KHOLTI
Professeur de l'Enseignement Supérieur de Médecin du Travail
Chef de Département de la Médecine Communautaire
CHU Ibn Rochd - Casablanca*

Nous sommes très heureux de l'honneur que vous nous avez fait en nous confiant ce travail. Vous nous avez consacré votre temps précieux, Vos conseils et vos orientations nous ont été très précieux, Nous espérons être digne de votre confiance.

Votre large compétence, votre sympathie et gentillesse et qualités humaines et professionnelles font de vous un maître bien aimé de tous.

Veillez trouver ici, Cher Maître, l'expression de nos vifs remerciements et notre admiration.

A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR M. AHALLAT

Professeur de l'Enseignement Supérieur de Chirurgie Générale

Vice Doyen de la Faculté de Médecine et de Pharmacie - Rabat

Faculté de Médecine et de Pharmacie - Rabat

Nous vous remercions pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail.

Vous êtes un homme de science et un médecin attentif au bien être de ses patients.

C'est avec sincérité que nous vous exprimons notre admiration pour le professeur, mais aussi pour l'homme que vous êtes.

Veillez trouver dans ce travail, Cher Maître, l'expression de notre estime et de notre considération.

*A NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE
MONSIEUR LE PROFESSEUR B. BENALI
Professeur Agrégé de Médecine du Travail
CHU Ibn Rochd de Casablanca*

Nous vous remercions de la spontanéité et de la simplicité avec lesquelles vous avez accepté de juger ce travail.

Nous avons eu le privilège de travailler sous votre direction et avons trouvé auprès de vous le guide et le conseiller qui nous a reçu en toutes circonstances avec sympathie, sourire et bienveillance.

Nous espérons être dignes de votre confiance, et nous prions, cher Maître, d'accepter notre profonde reconnaissance et notre haute considération.

*A tous mes Professeurs de la Faculté de Médecine
et de Pharmacie de RABAT*

*A tous mes Professeurs de la Faculté de Médecine
et de Pharmacie de Casablanca.*

Une thèse est le fruit de plusieurs années d'études et je ne saurais oublier dans mes dédicaces l'ensemble de mes professeurs et maîtres qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

*A DOCTEUR LOUBNA TAHRI
Médecin Spécialiste en Médecine du Travail*

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements pour votre collaboration à la réalisation de ce travail.

Avec tout mes souhaits de bonheur et de réussite.

PLAN

PLAN

	<i>Page</i>
I- INTRODUCTION	1
II- INTERET ET JUSTIFICATION	5
III- LES BASES SCIENTIFIQUES	8
A- Historique.....	9
B- NATURE ET ORIGINE DES RAYONNEMENTS IONISANTS	14
1- Rayonnement alpha.....	14
2- Rayonnement bêta	14
3- Rayonnements gamma et X.....	15
4- Rayonnement neutronique	15
C- GRANDEURS ET UNITES EN RADIOPROTECTION.....	16
1- Grandeurs physiques liées à la source de rayonnements ionisants	17
2- Grandeurs physiques liées au milieu traversé par les rayonnements Ionisants	18
3- Grandeurs opérationnelles.....	18
D- SOURCES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS	21
1- Les expositions naturelles	21
2- Les expositions artificielles liées aux activités humaines.....	21
E- LES TYPES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS..	24
1- Exposition externe sans contact cutané	25

2- Contamination externe avec dépôt sur la peau de substance radioactive	26
3- Exposition interne	27
4- Modalités d'exposition en fonction de la nature des sources.....	28
F- LES EFFETS DES RYONNEMENTS IONISANTS SUR L'HOMME ...	29
1- Les effets moléculaires	29
2- Les effets cellulaires et tissulaires.....	31
3- Les effets pathologiques des rayonnements ionisants	32
G- RADIOPROTECTION	35
1- L'organisation internationale de la radioprotection	36
2- L'organisation nationale de la radioprotection.....	38
3- Principes de la radioprotection	45
4- Radioprotection.....	47
H- LA SURVEILLANCE MEDICALE ET DOSIMETRIQUE	83
1- Surveillance médicale des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.....	83
2- Surveillance dosimétrique	95
I- CAS PARTICULIER.....	102
1- Grossesse et radioprotection.....	102
2- Irradiation accidentelle.....	108
3- Gestion des déchets radioactifs.....	116
J- LE MANAGEMENT DE LA RADIOPROTECTION.....	121
1- Les actions de prévention et évaluation a priori.....	122
2- Suivi des actions de prévention et évaluation à posteriori.....	124

IV-MATERIELS ET METHODES	126
V-RESULTATS	130
Kit d'autoformation en radioprotection destiné aux médecins du travail	
VI- DISCUSSION	138
VII- CONCLUSION	147
VIII- RESUMES.....	150
IX- BIBLIOGRAPHIE	

I- INTRODUCTION - PROBLEMATIQUE GENERALE

Les rayonnements ionisants ont été découverts en 1895 (les rayons X de Roentgen) et la radioactivité en 1896 (H Becquerel). Dans le premier quart du XX^{ème} siècle les effets de ces rayonnements sur la santé ont été soit ignorés soit fortement mésestimés. Cette "insouciance" a induit un certain nombre de comportements qui nous paraissent aujourd'hui effrayants. Il s'agissait par exemple d'une absence à peu près totale de protection et d'une utilisation commerciale surprenante de produits radioactifs. C'est ainsi que l'on dispose de documents d'époque qui vantent les mérites de crèmes, savons ou boissons au thorium, de cures de radium...

A partir des années 30, on a vu au contraire se mettre en place une protection de plus en plus exigeante et prudente, parmi les premières à appliquer le principe de précaution qui s'universalise aujourd'hui.

Le Maroc connaît depuis des décennies, un développement croissant des utilisations des rayonnements ionisants dans divers secteurs socio-économiques: médecine, industrie, agriculture, recherche, hydrologie, énergie, mines etc. C'est dans cet esprit, que la loi n° 005-71 du 12 Octobre 1971 relative à la protection contre les rayonnements ionisants ainsi que ses décrets d'application (décret n° 2-97-30 du 28 Octobre 1997; décret n° 2-97-132 du 28 Octobre 1997) ont été édictés, dans le but de fixer Les principes généraux de protection contre les dangers pouvant résulter de l'utilisation des rayonnements ionisants, ainsi que Les conditions auxquelles sont soumises toutes les activités impliquant une exposition aux rayonnements ionisants.

D'après le centre national de la radioprotection, on estime le nombre de travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, que ce soit dans le milieu médical, le milieu industriel ou dans d'autres domaines utilisant les rayonnements ionisants (industrie nucléaire), respectivement à 3657 personnes, 509 personnes et 380 personnes.

Vu la réalité et l'importance de ce phénomène, on devrait s'attendre à ce que les responsables des unités de santé et sécurité au travail donnent plus d'importance à l'implantation de structures, chargées de la surveillance de la santé et la sécurité du personnel et sensées évaluer, prévenir et prendre en charge ce phénomène. Or ce n'est pas le cas globalement. Sachant que l'évaluation des risques professionnels, constitue une étape fondamentale dans le processus de prévention des risques. Ceci pourrait être, principalement imputé au manque d'information et de sensibilisation des responsables ; notamment les médecins du travail et les chefs d'établissements hospitaliers en matière de risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants.

La finalité du travail vise l'amélioration de la prise en charge des risques professionnels liés à l'exposition aux rayonnements ionisants à l'hôpital et en milieu industriel. La protection de la santé du personnel exposé et l'amélioration des conditions de travail du personnel.

Ce travail s'inscrit dans le domaine de la santé et sécurité au travail, il constituera un outil qui serait utile pour les médecins du travail en matière de formation, d'information et de sensibilisation, pour prendre en charge adéquatement les risques avec réduction de l'exposition.

Une gestion adéquate des risques professionnels liés aux rayonnements ionisants est un facteur d'amélioration des conditions de travail, permettant à notre personnel de travailler en toute sécurité. C'est également un facteur de motivation du personnel contribuant à améliorer la productivité et la qualité des soins dispensés à nos patients.

Notre kit d'autoformation s'inscrit dans le cadre général d'une réflexion sur la radioprotection dans le milieu du travail qui vise à doter les médecins du travail, d'un outil de travail simple, précis et efficace :

- Pour mieux comprendre et expliquer comment et pourquoi les mesures de protection qu'on leur demande d'appliquer ou d'enseigner ont été établies.
- Pour mieux répondre aux questions qui leur seraient posées dans le cadre de leur mission de formation et d'information.
- Pour mieux appréhender la réalité et l'importance du risque dans le cadre de la démarche d'optimisation qu'on attend d'eux.

La diffusion de ce document auprès des professionnels de santé contribuera à améliorer le niveau des connaissances dans ce domaine et apportera, en cas de besoin, une meilleure efficacité dans l'action du corps médical et paramédical.

II- INTERET ET JUSTIFICATION

Le kit d'autoformation en radioprotection est un support permettant aux médecins du travail une autoformation en matière de la radioprotection, Il s'agit d'un moyen à la fois d'information et de formation. C'est un outil pédagogique cohérent permettant l'atteinte d'apprentissage défini préalablement.

La conception de kit d'autoformation est de plus en plus d'actualité ; elle répond aux grandes tendances du moment :

- Le développement du support numérique, l'individualisation de la formation : il s'agit de donner le maximum d'outils pédagogiques permettant à l'apprenant d'apprendre par lui-même.
- La déscolarisation de la formation et l'intégration aux situations professionnelles. Il existe de plus en plus des formateurs occasionnels, tuteurs, managers, qui forment leurs propres collaborateurs ou collègues. Ceci amène à un fort développement d'outils pédagogiques favorisant la prise en compte du contexte de l'apprenant.

A l'heure actuelle, les médecins du travail marocains ne disposent d'aucun document national de référence en matière de la radioprotection, traitant les normes internationales, tout en respectant la législation marocaine. Le présent kit a pour objectif d'aider à combler cette lacune, et permettre une autoformation des médecins du travail en matière de la radioprotection. Il est fondé sur une analyse des bases scientifiques dans le domaine de la radioprotection et les recommandations de notre législation nationale.

La réalisation d'un kit d'autoformation en matière de la radioprotection destiné aux médecins du travail, offre l'avantage de présenter en un seul support informatique tout un ensemble d'informations sur la radioprotection.

III- LES BASES SCIENTIFIQUES

A- HISTORIQUE :

Les rayonnements ionisants (RI) font partie intégrante de l'univers et la vie. La découverte de ces rayonnements ne date que d'un siècle, et leur usage incontrôlé révéla rapidement leur danger potentiel. La nécessité d'une protection se fit donc jour, amenant à la création d'organismes nationaux, puis d'un comité international de radioprotection, qui allait devenir en 1928 la commission internationale de protection radiologique (CIPR). Concernant initialement les travailleurs exposés aux RI, la radioprotection devait leur garantir que le risque encouru du fait de cette exposition resterait acceptable en regard des autres risques professionnels et des risques acceptés par chaque individu dans la vie courante. Progressivement, et notamment avec l'utilisation de l'énergie nucléaire, exposant aux RI non plus seulement les travailleurs ou les malades mais également le public, le champ d'action de la radioprotection s'est étendu à l'ensemble de la population, amenant à une portée plus générale du concept de radioprotection exprimée ainsi par la CIPR : assurer un niveau de protection adéquat pour l'homme, sans pénaliser indument les pratiques bénéfiques qui exposent aux RI.

Les mesures de protection ne doivent donc pas être disproportionnées par rapport au risque et limiter inutilement les activités bénéfiques pour l'individu ou la société. Une limitation excessive pourrait en effet avoir un effet opposé à l'effet recherché, en empêchant de recourir à des techniques utiles ou en rendant le coût prohibitif.

Les risques liés à l'exposition aux RI sont de deux ordres : un risque aléatoire ou stochastique et un risque direct ou déterministe. Le risque à

prendre en compte en diagnostic, pour les patients (faibles doses) et pour le personnel (très faibles doses) est donc essentiellement le risque aléatoire.

Initialement la radioprotection ne prenait en compte que l'exposition des travailleurs, dont la protection reposait essentiellement sur l'instauration de limites d'exposition. Ces limites ont toujours évoluées dans le sens de la sécurité, comme le montre la genèse de la dose maximale admissible (DMA).

La DMA est la dose de rayonnement ionisant qui ne doit causer aucune lésion corporelle appréciable chez une personne exposée à aucun moment de sa vie.

L'équivalent de dose annuelle est utilisé comme norme pour le contrôle des professions exposées. Cette dose est souvent présentée ou interprétée comme la frontière d'un danger avec une connotation dramatique : on a frôlé la dose maximale admissible ! En fait cette dose, très largement calculée et réajustée au fil des années dans un sens toujours plus restrictif, correspond à une exposition très en deçà de toute significativité biologique et il faut rappeler le cheminement de sa détermination.

La DMA limite de dose annuelle des travailleurs, a été initialement déterminée en divisant par 10 la dose érythème (5,5 sv) pour éviter l'apparition d'effets déterministes (cutanés) chez les travailleurs. Elle a été ensuite abaissée à 2 msv par jour puis 3 msv par semaine soit 150 msv par an, limite à partir de laquelle les études rétrospectives ont montré la disparition des effets leucémogènes et cancérogènes chez les professionnels.

Les abaissements ultérieurs résultent de calculs d'extrapolation de l'effet des fortes doses et de considérations sociétales

Les applications thérapeutiques des rayons X suivirent de peu leur découverte ; or il n'existait pas de moyens de dosimétrie, et celle-ci reposait sur la constatation des effets cutanés, en se référant au coup de soleil, qu'on observait à partir d'une certaine dose délivrée en une fois : c'était la dose érythème. Les irradiations thérapeutiques étaient fondées sur cette dose, déterminée pour chaque installation. On sait aujourd'hui que la dose nécessaire pour l'obtention de cet effet est de 5 à 6 sv (donc 5 à 6 grays pour les Rx).

Les observations de l'époque avaient montré, chez les opérateurs de ces installations, qu'une telle dose, délivrée par petites fractions en un an, ne provoquait aucun effet observable parmi ce personnel. A partir de cette dose pour laquelle il n'y avait donc pas d'effets observables, on détermina, en 1927, une limite acceptable d'exposition professionnelle que l'on fixa, pour avoir une bonne marge de sécurité, à un dixième de cette dose (ineffective). La première DMA était née ; elle correspondait donc à un équivalent de dose 0,5 à 0,6Sv (500 à 600msv) par an (elle se mesurait à l'époque en roentgen (R) et correspondait à 55 R). Lors de mise en place de la CIPR, une des premières mesures fut de fixer une limite journalière d'exposition correspondante à cette dose annuelle, rapportée au nombre de jours de travail de ces personnels. On obtenait ainsi un chiffre correspondant à 2,5 msv par jour qui, toujours dans le même souci, fut ramené à 2 msv par jour.

La dose ineffective de départ était donc ainsi divisée par un facteur 12, dans un louable souci de prudence mais sans raison objective.

Cette limite fut maintenue jusqu'en 1949 à cette date, en prévision du développement de l'énergie nucléaire, il fut décidé, dans un légitime souci de prudence, mais toujours sans argument objectif, médical ou biologique, de diminuer encore cette dose, pour la porter à 3 msv par semaine soit 0,6 msv par jour ou 150 msv par an.

Il faut noter que toutes les études épidémiologiques qui ont étudié rétrospectivement la survenue de leucémie et cancer parmi les professionnels exposés ont montré la disparition de l'excès d'incidence de ces affections cancéreuses à partir des années 1940. Cela légitimait à posteriori la réduction de dose préconisée par la CIPR et suggère un seuil de risque cancérigène des expositions chroniques entre 3 msv et 10 msv par semaine.

Puis vint la drosophile, cette mouche de fruit était l'animal de choix des observations génétiques et on expérimenta sur elle l'effet des radiations ionisantes, en utilisant des doses moyennes et fortes. A ces doses on mit en évidence une modification du génome et il fut décidé à partir d'une extrapolation à l'homme pour de faibles doses d'abaisser encore la DMA à 50 msv par an. En fait, on s'aperçut ultérieurement que la drosophile avait une grande fréquence de mutations spontanées et était extraordinairement sensible à tous les agents physiques susceptibles d'induire des mutations génétiques. Toutes les expériences effectuées par la suite sur des mammifères conclurent à l'absence d'effets génétiques observables à ces

doses. Malgré l'infirmité du raisonnement qui l'avait motivée, cette diminution fut conservée, en vertu d'un principe de précaution anticipé. La dose de sécurité initiale n'en était plus qu'au centième de sa valeur. C'est cette dose qui a été la DMA pour les personnels exposés jusqu'à 2003. Elle correspondait donc à un plafond annuel d'exposition correspondant à 1% de la dose érythème de départ pour laquelle on n'observait pas d'effet si elle était étalée sur un an. Il fut décidé en outre, de fixer pour le public un équivalent de dose maximale admissible qui serait le dixième de celui des professions exposées soit 5 msv par an.

Les dernières directives européennes (1996 et 1997), fondées sur les calculs d'extrapolation de la CIPR à partir des données d'hiroshima et nagasaki, ont encore réduit la DMA à 100msv sur 5 ans pour les travailleurs, soit l'équivalent de 20 msv par an, sans pouvoir dépasser 50 msv par an, et à 1 msv par an pour le public. Pour ce dernier la DMA est donc la moitié de la dose délivrée par le rayonnement naturel.

On comprend donc que la dose maximale admissible a résulté de l'application itérative d'un principe de précaution. Cette application a eu le mérite, lorsque la limite a été respectée, de faire disparaître chez les professionnels d'abord les effets déterministes, puis les effets stochastiques en dessous de 150 msv annuels **(30)**.

B- NATURE ET ORIGINE DES RAYONNEMENTS IONISANTS :

Les rayonnements ionisants (RI) sont constitués de particules ou de photons qui ont suffisamment d'énergie pour ioniser certains atomes d'une structure moléculaire, en leur arrachant des électrons.

Une source de radioéléments est caractérisée par la nature du rayonnement émis, par son activité et par sa période en relation avec la décroissance. Généralement un radioélément émet plusieurs types de rayonnement à la fois.

1. Rayonnement alpha :

Il est constitué de particules chargées positivement comprenant 2 protons et 2 neutrons (noyau d'hélium). C'est un rayonnement directement et fortement ionisant et de faible pouvoir de pénétration (il parcourt quelques centimètres dans l'air). Il est arrêté par la couche cornée de la peau ou par une feuille de papier. Exemples d'émetteurs alpha : radon 222, uranium 235, uranium 238...

2. Rayonnement bêta :

Il est constitué par des spectres d'électrons porteurs d'une charge électrique positive (positons (β^+) ou négative (β^-)). C'est un rayonnement directement ionisant et de pouvoir de pénétration limité (il parcourt quelques mètres dans l'air). Il est arrêté par une feuille d'aluminium ou par des matériaux de faible poids atomique (plexiglas...). Il ne pénètre pas en profondeur dans l'organisme. Exemples d'émetteurs bêta : césium 137, iridium 192, phosphore 32...

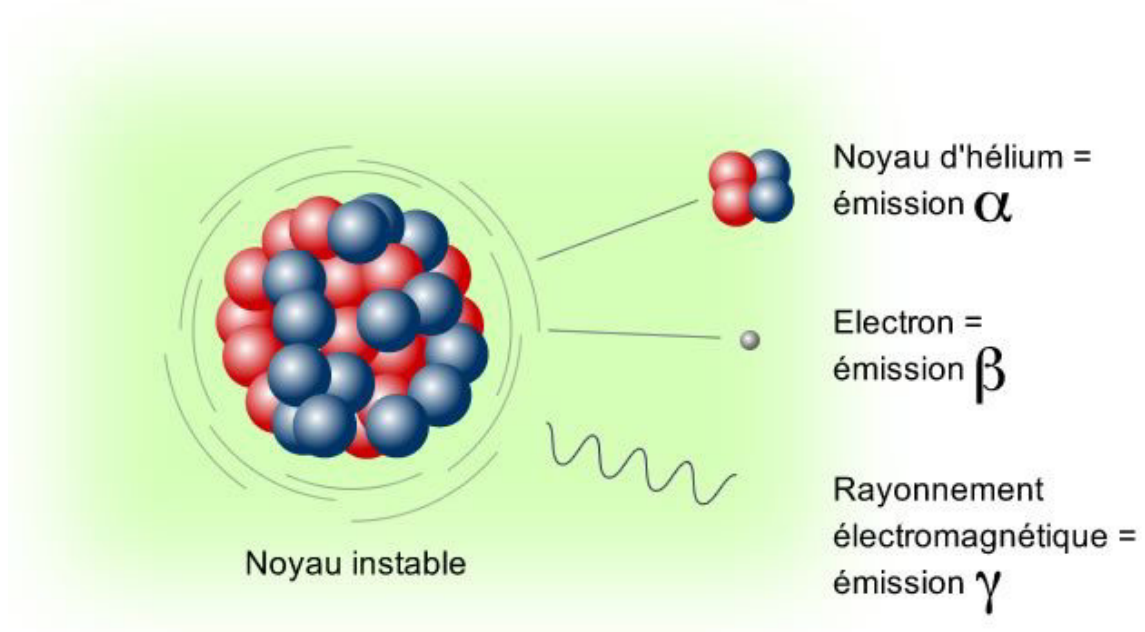
3. Rayonnements gamma et X :

Ils sont constitués de photons énergétiques issus du noyau (gamma) ou des couches atomiques (X). Ce sont des rayonnements indirectement ionisants ayant un pouvoir de pénétration important (ils parcourent quelques centaines de mètres dans l'air et traversent les vêtements et le corps). Ils sont arrêtés ou atténués par des écrans protecteurs (épaisseur de béton, d'acier ou de plomb). Exemples d'émetteurs gamma : césium 137, iridium 192, technétium 99... Les rayons X, dans leurs applications médicales et industrielles sont produits par des générateurs électriques.

4. Rayonnement neutronique :

Il est constitué de neutrons. C'est un rayonnement indirectement ionisant ayant un pouvoir de pénétration important (il parcourt quelques centaines de mètres dans l'air et traverse les vêtements et le corps). Il est arrêté par des écrans hydrogénés. Exemples d'émetteurs neutroniques : fission de l'uranium 235, accélérateurs de particules... **(30)**

La radioactivité : un phénomène spontané



C- GRANDEUR ET UNITE EN RADIOPROTECTION :

Il n'y a pas d'unité universelle en radioprotection. Savoir utiliser l'unité pertinente pour chaque domaine est le préalable indispensable à l'abord de la radioprotection.

1- Grandeurs physiques liées à la source de rayonnements**ionisants :**

Cas d'une source		
Activité d'un corps radioactif (A)	Becquerel (Bq)	Le becquerel (Bq) équivaut à une transformation ou désintégration nucléaire par seconde : 1Bq = 1 désintégration par seconde Conversion entre le becquerel et l'ancienne unité, le curie (Ci) 1 Ci = 37 GBq et 1TBq = 27 Ci
Période (T)	Temps (s)	La période physique (T) est le temps au bout duquel l'activité initiale de la source (A0) a diminué de moitié : 1T -> A0/2 2T -> A0/4 3T -> A0/8...
Cas du générateur de rayonnements X		
Haute tension (HT)	Volt (V)	La haute tension s'exprime en kilovolts (kV) et représente la tension d'accélération des électrons produisant le rayonnement de freinage X ; cette tension représente l'énergie maximale des rayons X et leur pouvoir pénétrant. Si la haute tension est élevée, les rayonnements seront très énergétiques et pénétrants, et on les qualifie de rayonnements « durs ».
Intensité (I)	Ampère (A)	L'intensité du courant de haute tension s'exprime en milliampère (mA). Si l'intensité augmente, le flux de rayonnements X augmente et la dose s'accroît.

2- Grandeurs physiques liées au milieu traversé par les rayonnements Ionisants :

Énergie de rayonnement(E)	Joule (J)	C'est son pouvoir d'ionisation C'est-à-dire sa capacité d'arracher un électron à un atome Unité spécifique : l'électronvolt (eV)
Dose absorbée (D)	Gray (Gy)	La dose absorbée est l'énergie absorbée par unité de masse du milieu traversé (matière) L'unité de dose absorbée est le gray (Gy). Un gray équivaut à l'absorption d'énergie de 1 joule par kilogramme de matière. Dose (Gy) = Énergie (Joule)/ masse (Kg)
Débit de dose absorbée	Gy/s	Conversion entre le gray et l'ancienne unité le rad : 1 rad = 1 cGy ou 1Gy = 100 rad

3- Grandeurs opérationnelles :

Ces grandeurs, relatives à l'énergie qui traverse un milieu ou un tissu vivant, permettent d'apprécier globalement les effets sur l'homme des irradiations (grandeurs de risque).

<p>Dose équivalente à l'organe ou tissu T (HT, R)</p>	<p>Sievert (Sv)</p>	<p>La dose équivalente (HT, R) est la dose absorbée par le tissu ou l'organe (DT, R) pondérée par un facteur WR qui tient compte du type et de la qualité du rayonnement. Elle est donnée par la formule : $HT, R = \sum R DT, R \times WR$ L'unité de la dose équivalente est le sievert (Sv). Le facteur de pondération (WR) est égal :</p> <ul style="list-style-type: none"> • à 1, pour les rayonnements e-, beta, gamma, X • à 20 pour les rayonnements alpha, les ions lourds <p>Conversion entre le Sv et l'ancienne unité le rem: $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$; $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$</p>
<p>Débit de dose équivalente</p>	<p>Sv/s</p>	<p>Conversion entre le Sv et l'ancienne unité le rem: $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$; $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$</p>
<p>Dose efficace (E)</p>	<p>Sievert (Sv)</p>	<p>Pour prendre en compte le risque total résultant de l'exposition de plusieurs organes ou tissus de radiosensibilité différente, la CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) a introduit, en 1990, le concept de dose efficace. La dose efficace (E) est la somme des doses équivalentes reçues au niveau de tous les organes ou tissus exposés et représente une dose à l'organisme entier et non plus à un organe (exposition externe + exposition interne). Chaque dose équivalente au niveau d'un organe ou d'un tissu est pondérée par un facteur de pondération tissulaire (WT), tenant compte de la radiosensibilité propre du tissu ou de l'organe considéré. $E = \sum TWT \times HT, R$. Le facteur de pondération tissulaire (WT) représente le rapport de la probabilité d'effets aléatoires (stochastiques) au niveau d'un organe ou d'un tissu, résultant de sa radio exposition, à la probabilité totale d'effets aléatoires d'une radio exposition uniforme de l'organisme entier. Quelques valeurs du facteur de pondération tissulaire (WT) selon la CIPR, rapport n° 60: -0,20 (pour les gonades), -0,12 (pour la moelle osseuse rouge), 0,05 (pour la thyroïde) 0,01 (pour la peau)</p>
<p>Débit de dose efficace</p>	<p>(Sv/s)</p>	<p>Conversion entre le Sv et l'ancienne unité le rem: $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$; $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$</p>

N.B. : l'équivalent de dose (H), exprimé en Sv et défini par la CIUR (Commission Internationale pour les Unités et la mesure des Rayonnements) est une grandeur physique utilisée uniquement pour l'étalonnage des dosimètres (grandeur opérationnelle) afin d'estimer la dose équivalente ou la dose efficace et de respecter les limites réglementaires.

La dose absorbée (D) dans un récepteur équivalent au tissu en un point donné est pondérée par le facteur de qualité du rayonnement $Q(L)$, L étant le transfert linéique d'énergie représentant la distribution physique de l'énergie dans les tissus à l'échelle microdosimétrique : $H = D.Q(L)$

Sur certaines fiches d'exposition professionnelle, apparaissent les équivalents de dose suivants, mesurés par les dosimètres : l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ et l'équivalent de dose directionnel $H'(0,07)$ pour la dosimétrie d'ambiance ou de zone, l'équivalent de dose individuel $H_p(10)$ ou $H_p(0,07)$ pour la dosimétrie individuelle. Ces grandeurs sont des estimateurs majorants de la dose efficace corps entier ou de la dose équivalente (à la peau, mains, pieds...) mesurés dans un récepteur donné (fantôme) à une profondeur de référence (10 mm ou 0,07 mm). Les limites dosimétriques de la radioprotection s'appliquent à ces grandeurs opérationnelles de substitution pour la radioprotection de terrain en vertu du principe de précaution **(30)**.

D- SOURCES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS :

1- Les expositions naturelles :

Elles correspondent à la composante majoritaire de l'irradiation reçue par la population.

L'exposition naturelle moyenne/habitant/an en France est de 2,4 mSv. Elle se répartit en :

- ✓ Rayonnement cosmique qui provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude (0,3 mSv/an au niveau de la mer puis doublement de la dose tous les 1500 m environ).
- ✓ Rayonnement tellurique qui provient des radioéléments à vie longue présents dans l'écorce terrestre à des niveaux variables suivant les régions (uranium 238, uranium 235, thorium 232 et leurs descendants...) et constitue une source d'exposition externe et surtout interne avec notamment le radon et le potassium 40. Le radon diffuse dans l'air à partir du sol ou des matériaux de construction sous forme de gaz ou fixé à des particules d'aérosols. Le potassium 40 est présent dans l'eau de boisson ou les aliments(30).

2- Les expositions artificielles liées aux activités humaines :

L'exposition professionnelle résulte de l'utilisation des rayonnements ionisants dans différents secteurs. Il s'agit des applications industrielles, scientifiques et médicales, le secteur de la santé comptant le plus grand nombre de travailleurs potentiellement exposés.

L'exposition professionnelle peut également être liée à la radioactivité naturelle. C'est le cas, par exemple, du personnel naviguant des compagnies aériennes exposé aux rayonnements cosmiques, ou des mineurs exposés au radon **(30)**.

a. L'exposition médicale :

L'exposition médicale moyenne/habitant/an en France est de 1,1 mSv, ce qui représente la quasi intégralité de l'exposition artificielle.

Les applications médicales des rayonnements ionisants sont :

▪ ***Le radiodiagnostic***

Il fait appel aux rayons X dans le cadre de la radiologie conventionnelle, de la scanographie et de la radiologie interventionnelle. Cette dernière, nécessitant la présence d'un opérateur à proximité du patient afin d'exercer un contrôle sous scopie, permet également la réalisation de gestes thérapeutiques.

▪ ***La radiothérapie***

La radiothérapie externe : la source d'irradiation est à distance de la peau. Différentes techniques sont utilisées : accélérateurs de particules (rayons X de haute énergie ou des électrons), appareils de télécobalthérapie (rayons gamma), appareils de radiothérapie superficielle ou contactthérapie (rayons X).

La curiethérapie : les sources radioactives scellées (iridium 192, césium 137, iode 125) sont mises en place dans les tissus (curiethérapie interstitielle) ou dans des cavités naturelles (curiethérapie endocavitaire).

La radiothérapie interne et/ou métabolique : elle est mise en œuvre dans les services de médecine nucléaire et utilise des sources non scellées.

▪ ***La médecine nucléaire***

Elle utilise des radioéléments en sources non scellées à visée diagnostique ou thérapeutique :

- Le diagnostic
 - La scintigraphie (gamma-caméras) utilisant des radiotraceurs choisis pour cibler spécifiquement une fonction biologique : iode 123 (exploration thyroïdienne), technétium 99m (exploration osseuse), thallium 201 (exploration cardiaque), xénon 133 (exploration pulmonaire).
 - La tomographie par émission de positons (TEP) au FDG (18 fluoro-déoxyglucose) représentant une avancée technique récente dans la détection, le bilan et le suivi des lésions oncologiques.
 - Les techniques de radio-analyses permettant la réalisation de divers dosages biologiques.
- La radiothérapie métabolique reposant sur l'effet destructeur des radioéléments utilisés à fortes doses (iode 131 et glande thyroïde).

b. L'exposition industrielle :

Les principales applications industrielles des rayonnements ionisants sont :

- La radiographie industrielle pour le contrôle non destructif de la structure des matériaux afin de vérifier notamment l'état des soudures et le niveau de corrosion des pièces métalliques dans divers secteurs (métallurgie, pétrochimie, nucléaire, aéronautique, bâtiment et travaux publics...). Cette technique fait appel principalement à des sources de radioéléments émetteurs gamma, principalement iridium 192 ou cobalt 60 (gammagraphie), ou à des générateurs de rayons X.
- L'industrie alimentaire dans la pratique de la radio conservation des aliments.
- Autres applications : ionisation des gaz (détecteurs incendie), applications énergétiques (batteries), traitements stérilisants, jauges à radio-isotopes pour le contrôle de niveau...(30).

c. Les expositions accidentelles :

Elles résultent des retombées des essais nucléaires aériens (césium 137, carbone 14, strontium 90...) et des accidents nucléaires (Three Mile Island 1979 : iode 131 et xénon 133 ; Tchernobyl 1986 : césium 137 et iode 131 fukushima 2011) (30).

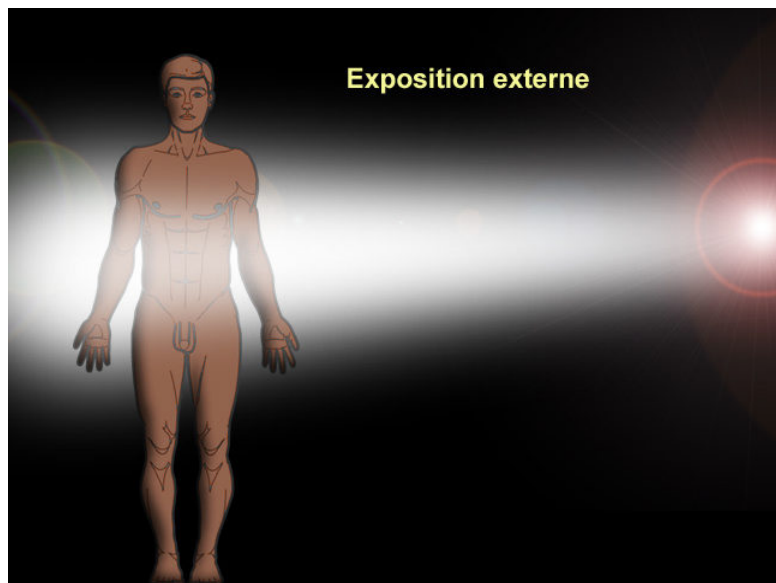
E- LES TYPES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS :

Le risque d'exposition externe ou irradiation, est potentiellement dû aux rayonnements ionisants provenant des sources radioactives, se trouvant à l'extérieur du corps.

Le risque d'exposition interne existe quand il y a une possibilité d'atteinte par des matières radioactives qui pénètrent dans l'organisme. Par conséquent, un risque d'exposition externe peut aussi constituer un risque d'exposition interne, s'il y a possibilité que la matière radioactive pénètre dans l'organisme.

Selon les circonstances, cette exposition peut être externe (avec ou sans contact cutané) ou interne (ingestion, inhalation ou pénétration cutanée de substances radioactives). Les moyens de protection radiologique contre chaque type de risque sont différents.

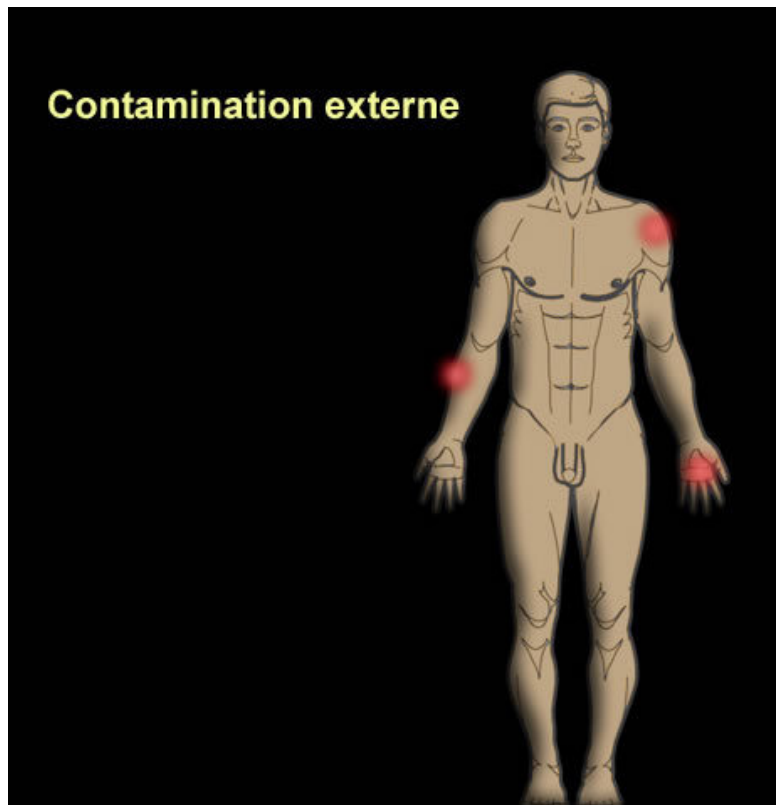
1. Exposition externe sans contact cutané :



La source du rayonnement est située à distance de l'organisme (exposition globale ou localisée). L'irradiation est dans ce cas en rapport avec le pouvoir de pénétration dans le corps des divers rayonnements émis par la source. De ce fait, sont surtout à prendre en compte les rayonnements

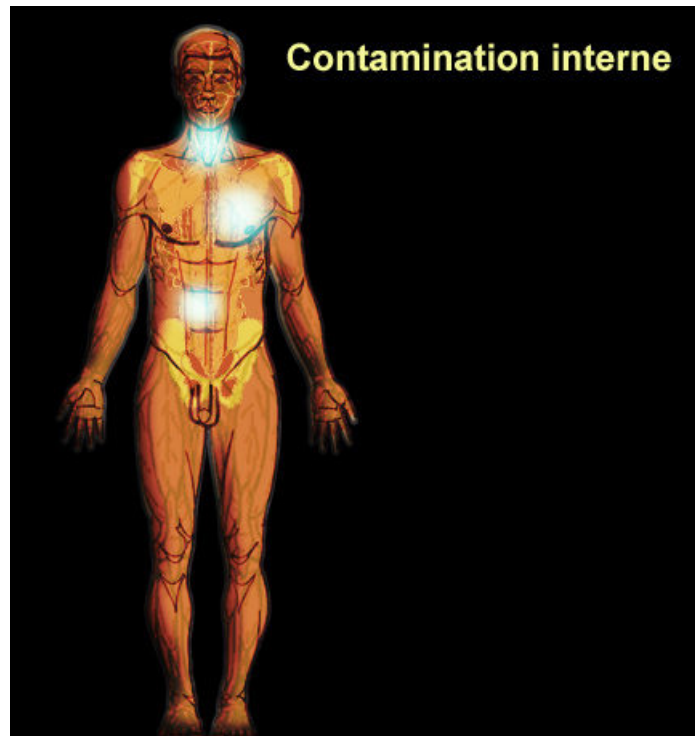
gamma, X et neutroniques. Les rayonnements bêta n'entraînent pas d'irradiation en profondeur du corps humain. Les rayonnements alpha ne peuvent, en aucun cas, entraîner d'exposition externe, car ils ne passent pas la barrière cutanée (33).

2. Contamination externe avec dépôt sur la peau de substance radioactive :



Il y a irradiation par dépôt sur la peau de corps radioactifs. Par rapport au cas précédent, le contact cutané avec un radioélément peut induire une exposition interne par pénétration du radioélément à travers une peau altérée (plaie), plus rarement à travers une peau saine (33).

3. Exposition interne :



Les substances radioactives pénètrent dans l'organisme soit par inhalation (gaz, aérosols), soit par ingestion (objets ou mains contaminées portées à la bouche), soit par voie oculaire ou par voie percutanée (notamment à travers une peau lésée). Après pénétration dans l'organisme, les substances se répartissent sur des sites préférentiels, dits organes cibles. L'exposition interne se poursuivra tant que la substance radioactive n'aura pas été éliminée naturellement (notion de période biologique) et que celle-ci continuera d'émettre des RI (notion de période physique). Les rayonnements alpha sont, dans ce cas, les plus dangereux pour la santé, car ils sont très ionisants, ils induisent des dommages importants dans la matière biologique environnante **(33)**.

4. Modalités d'exposition en fonction de la nature des

Sources :

✓ Appareils générateurs de rayons X

Ces appareils sont alimentés par un courant électrique et commandés par un interrupteur ; leur émission est donc discontinue et cesse dès l'arrêt du générateur. Il y a exclusivement un risque d'exposition externe.

✓ Sources scellées

Ces sources sont confinées dans des blindages dont elles ne sortent qu'au moment de la commande de sortie de source (curiethérapie, gammagraphie industrielle). Il y a exclusivement un risque d'exposition externe lors de la sortie de la source.

✓ Sources non scellées

Ces sources entraînent un risque d'exposition externe, interne et de contamination externe lorsque l'environnement de travail a été contaminé (sol, surfaces, air).

À noter qu'en médecine nucléaire, après l'injection d'un radionucléide à un patient, ce dernier devient une source susceptible d'entraîner une exposition externe de l'entourage **(33)**.

F- LES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR L'HOMME :

Les rayonnements ionisants (RI) ont la capacité d'ioniser la matière c'est-à-dire d'arracher des électrons aux atomes constitutifs des molécules. Ces lésions moléculaires vont avoir des conséquences au niveau des cellules qui les contiennent. Les tissus constitués par ces cellules, vont alors être le siège d'altérations qui vont se traduire par des effets sur la santé.

1. Les effets moléculaires :

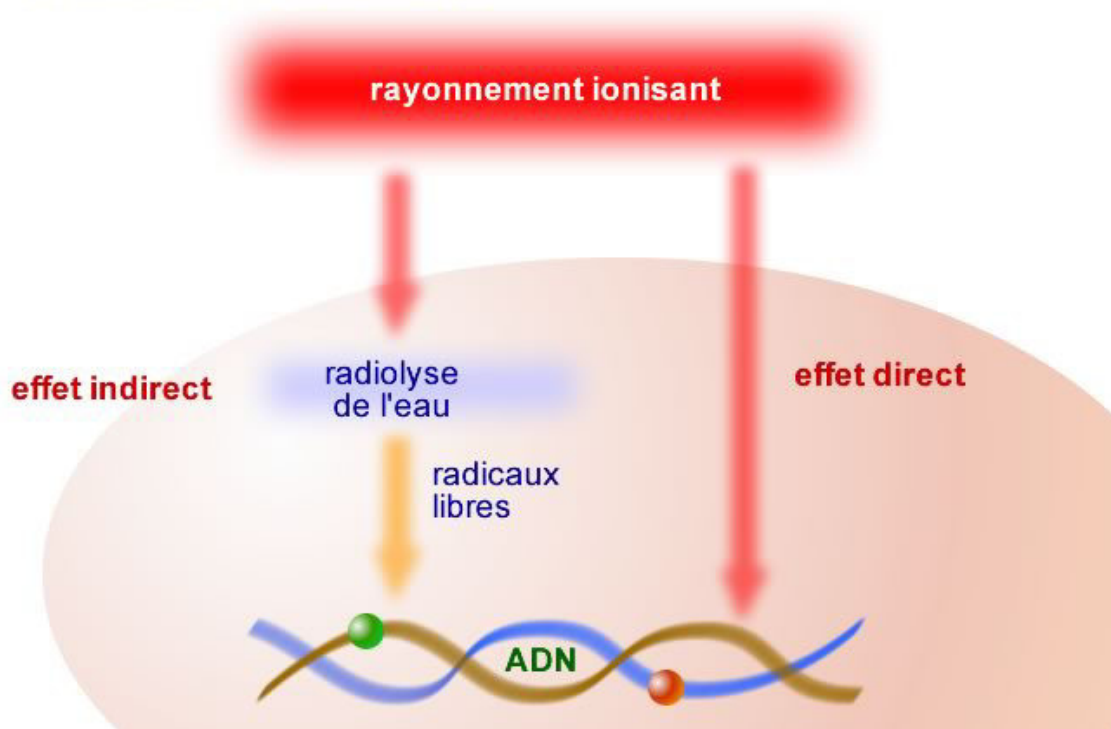
Toutes les molécules de l'organisme peuvent être altérées par les RI. Deux molécules revêtent toutefois une importance particulière : la molécule d'eau (H₂O), parce qu'elle est la plus fortement représentée (70% du poids du corps) et la molécule d'ADN, parce qu'elle est condensée sous forme de chromosomes dans chacune de nos cellules, elle est le support de l'information génétique. La décomposition de la molécule d'eau sous l'effet des RI est elle-même de nature à provoquer des altérations de l'ADN par l'intermédiaire de molécules très réactives (radicaux libres).

Les RI ont ainsi la propriété de créer directement ou indirectement diverses lésions de l'ADN, dont la plus importante est la cassure des deux brins de la molécule. La grande majorité des lésions radio-induites sont réparées efficacement par les systèmes de réparation de l'ADN présents dans chaque cellule. Il faut savoir que ces systèmes de réparation, sont sans

cesse en activité, car chaque jour, les cellules sont le siège de plusieurs milliers de lésions de l'ADN survenant spontanément ou sous l'effet de l'environnement (33).

Certaines lésions peuvent toutefois être mal ou non réparées, ce qui aboutit à la survenue d'une mutation, c'est-à-dire une altération stable du génome transmissible à la descendance cellulaire.

Ionisation cellulaire



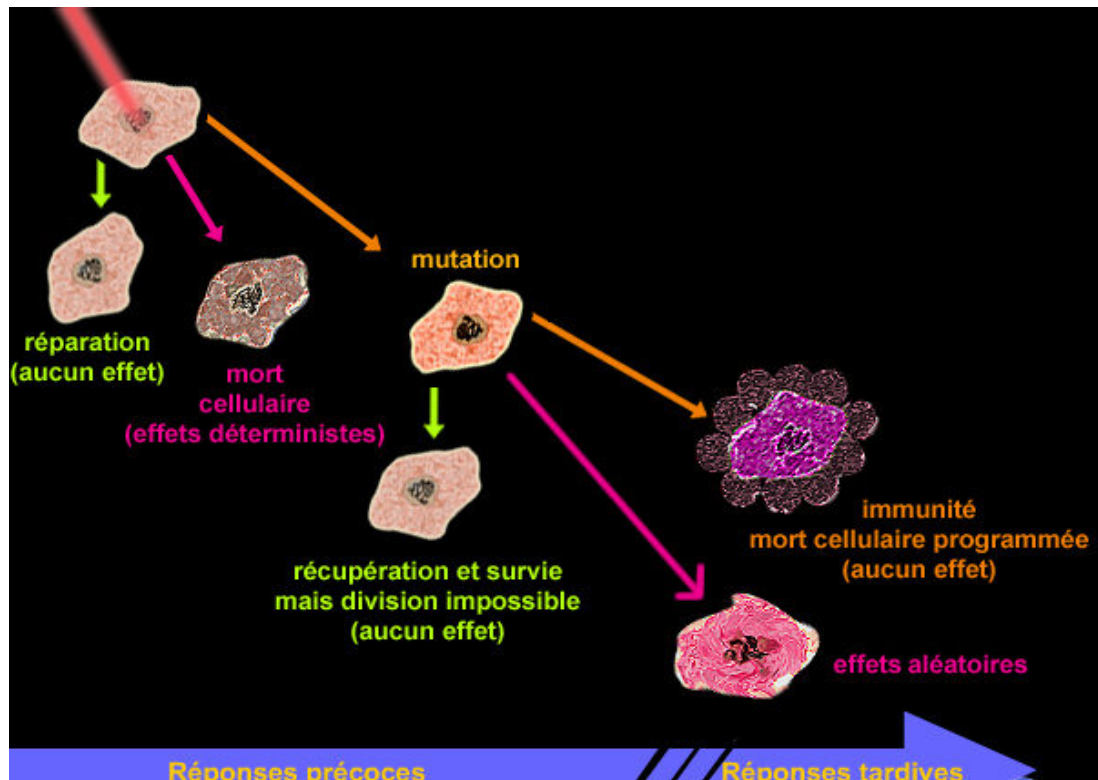
2. Les effets cellulaires et tissulaires :

Il y a trois possibilités pour la cellule irradiée dont l'ADN a été lésé :

- l'ADN est réparé efficacement et la cellule continue à vivre normalement ;
- la cellule meurt de façon immédiate ou différée (après une ou quelques divisions cellulaires)
- la cellule survit mais en étant porteuse d'une mutation.

Le phénomène de la mort cellulaire est à l'origine des effets déterministes (ou obligatoires) des RI; il s'agit d'effets tissulaires qui s'expriment lorsqu'un nombre suffisant de cellules est détruit au sein d'un tissu donné.

La survie de cellules "mutées" est préoccupante car elle peut être à l'origine de la survenue d'effets stochastiques (ou aléatoires), ce terme regroupe les cancers et les effets héréditaires. En effet, certaines mutations, notamment celles touchant des gènes critiques impliqués dans la cancérogenèse, peuvent constituer le point de départ de la transformation d'une cellule normale en une cellule cancéreuse qui va acquérir des capacités de prolifération incontrôlées. La survenue d'un cancer reste toutefois l'aboutissement d'un processus long, complexe et plurifactoriel, qui ne peut se réduire à cette étape de mutation initiale et qui nécessite que les multiples mécanismes de défense de la cellule de l'organisme soient mis en échec **(33)**.



Les effets cellulaires : conséquences de l'irradiation des cellules

3- Les effets pathologiques des rayonnements ionisants :

Les rayonnements ionisants agissent sur les cellules du corps humain. Si les cellules ne se sont pas réparées, les dommages provoqués par les rayonnements ionisants peuvent conduire à des effets biologiques dans les tissus et les organes. Ces effets peuvent se manifester par des symptômes cliniques qui sont classés dans les effets déterministes ou stochastiques, qui sont particulièrement préoccupants dans le cas du développement du fœtus.

Les caractéristiques des effets des irradiations sur l'homme :

a- Effets déterministes :

Ces effets ont les caractéristiques suivantes :

- ils sont observés aux fortes doses,
- ils apparaissent obligatoirement au-dessus d'un seuil qui varie avec le débit de dose,
- leur gravité augmente avec la dose reçue. **(33); (30).**

Seuils d'apparition des effets déterministes à une exposition partielle à forte dose

Organe	Seuil	Effets
Testicule	2 Gy 6 Gy	Stérilité transitoire Stérilité définitive
Ovaire	10 Gy	Stérilité et arrêt de la production hormonale
Peau	3 à 8 Gy 7 à 10 Gy + de 12 Gy	Rougeurs passagères Phlyctène (cloque) Ulcération nécrose
Œil	5 Gy	Cataracte (opacification du cristallin)

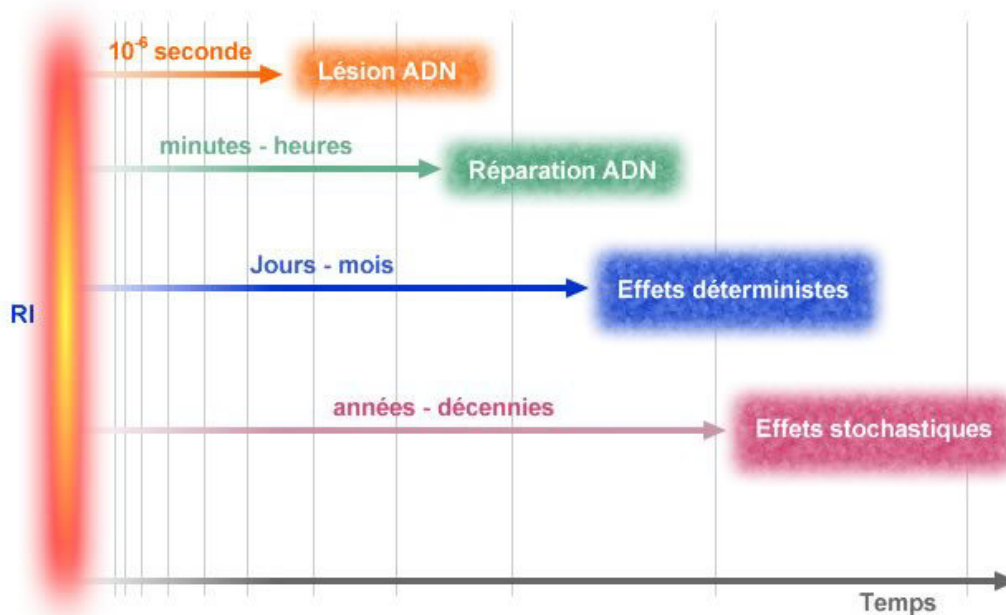
▶ Chronologie des effets suite à une exposition globale à forte dose

b- Les effets aléatoires (ou stochastiques) :

Ils sont liés à des mutations et regroupent les cancers radio-induits et les effets héréditaires :

- ils sont observables ou prépondérants aux faibles doses (à fortes doses, ils sont masqués par les effets non aléatoires),
- pour des raisons de sécurité et en absence de certitude scientifique, il est admis qu'il n'existe pas de dose seuil en dessous de laquelle ils ne se manifesteraient pas, dans une population exposée, ils apparaissent au hasard (tous les individus ne sont pas obligatoirement touchés),
- leur probabilité d'apparition dans une population croît avec la dose,
- leur gravité est indépendante du niveau d'exposition, mais du type de cancer et de son stade d'évolution au moment du diagnostic
- leur temps d'apparition est long (quelques années à quelques dizaines d'années) **(33, 30)**.

Chronologie des évènements après exposition aux RI



G- RADIOPROTECTION :

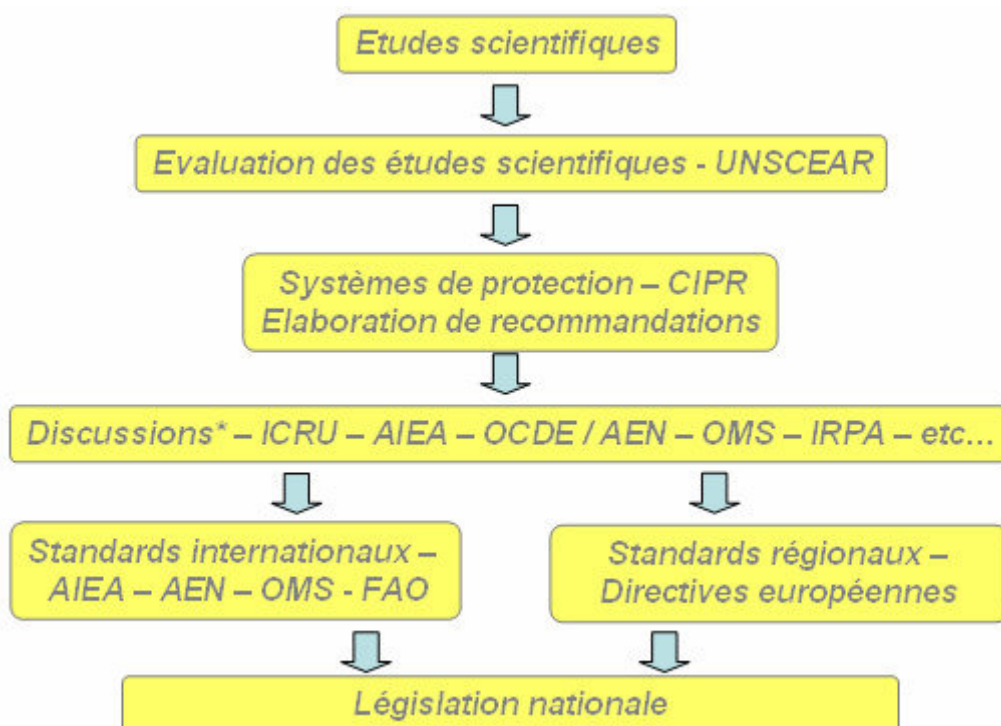
La radioprotection est la protection contre les rayonnements ionisants, c'est-à-dire, l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris les atteintes à l'environnement.

La radioprotection est donc :

- un ensemble de bases scientifiques qui décrivent le risque et les moyens matériels de s'en protéger
- des principes généraux fixant les objectifs et les moyens d'y parvenir,
- une organisation et une réglementation qui imposent le niveau de protection à atteindre et les dispositions nécessaires pour y parvenir.

1- L'organisation internationale de la radioprotection :

Depuis 1955, le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) réunit des scientifiques représentant 21 états. Il a été créé au sein de l'ONU pour évaluer les niveaux et les effets de l'exposition aux rayonnements ionisants et leurs conséquences biologiques, sanitaires et environnementales. Son rôle est d'évaluer les études scientifiques publiées sur la protection contre les rayonnements ionisants. Les rapports de l'UNSCEAR, publiés tous les quatre à cinq ans, constituent la somme exhaustive de milliers de références bibliographiques. Ils servent de base aux travaux de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).



La Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), créée en 1928, regroupe des experts de plusieurs pays. Elle édite des recommandations en matière de radioprotection (incitatives mais non obligatoires) dont la Communauté européenne s'est directement inspirée pour rédiger notamment la directive européenne 96/29/Euratom relative à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les rayonnements ionisants et la directive 97/43/Euratom relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales. La commission compétente en matière de radioprotection de la Communauté Européenne a pour base juridique le traité EURATOM dont l'objectif est d'établir des normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants. Depuis 1965, la communauté européenne a la possibilité de prendre des décisions sous 3 formes :

- Le règlement dont l'application est obligatoire et immédiate.
- Les directives, plus souples, qui permettent à chaque pays de choisir les moyens de transposition dans le cadre d'une loi ou de décrets nationaux.
- Les recommandations et avis établis par un groupe d'expert.

N.B : L'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique) qui vise à mettre à disposition des peuples l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire et à lutter contre la prolifération des armes nucléaires.

Elle émet également des recommandations en radioprotection (basic Safety Standards) et diffuse un enseignement à distance en matière de la radioprotection (6, 30).

2- L'organisation nationale de la radioprotection :

a- Aperçu historique :

Au Maroc, le début de la réglementation dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants remonte aux années cinquante par la promulgation des arrêtés (Arrêté du Directeur du travail et des questions sociales du 1er Août 1951 déterminant des termes de l'avis concernant les dangers que présentent les rayons X ainsi que les précautions à prendre pour les éviter (B.O. N° 2025 du 17/08/51). Et arrêté du 1er Août 1951 déterminant les mesures particulières de protection applicables aux établissements dans lesquels sont préparés, manipulés et employés les corps radioactifs et ceux dans lesquels seront mis en œuvre les rayons X.), ensuite par la création de la commission interministérielle de l'Energie Atomique créée en 1967 et dissoute en 1983, elle était chargée de promouvoir, approuver et contrôler le programme d'utilisation pacifique de l'énergie atomique et d'en assurer la coordination et l'exécution. Mais cette commission n'avait laissé que peu de traces de ses travaux durant une existence d'environ deux décennies, si ce n'est la seule loi 005-71 qui constitue le texte fondamental de notre cadre juridique actuel.

b- Les objectifs de la législation et de la réglementation :

La mise en place de notre cadre juridique, nous amène à définir les principaux objectifs qui visent à établir un cadre normatif dans lequel seront réglementés les applications des techniques nucléaires et les utilisateurs des sources de rayonnement ionisants en général dans le respect de la protection de la santé des travailleurs et de la population ainsi que de la préservation de l'environnement, et créer les structures administratives et techniques investies de l'autorité réglementaire pour assurer les missions de surveillance et de contrôle pour la protection radiologique et la sûreté nucléaire.

c- Composantes du cadre juridique national :

Compte tenu du rôle éminent de l'AIEA et de l'influence directe des principes des conventions et traités adoptés par notre pays, il y'a lieu de reconnaître que notre cadre juridique a deux sources: internationale et nationale.

c-1- Le volet international :

Les traités et les conventions signés par notre pays couvrent les aspects suivants:

- traité de non prolifération
- accords de garantie pour le contrôle par l'AIEA de futures installations nucléaires nationales

- convention internationale sur la protection physique des matières nucléaires
- convention de Vienne sur la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires ;
- convention sur la notification rapide en cas d'accident nucléaire ;
- convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique transfrontalière.

c-2- Le volet national :

Les textes juridiques réglementant les différents aspects de la protection contre les rayonnements ionisants sont :

- **La loi 005 71** relative à la protection contre les rayonnements ionisants édicte des dispositions destinées à régir les activités privées ou publiques impliquant des risques radiologiques. A des fins de prévention et de protection des travailleurs et de la population contre ces risques, elle prescrit l'établissement d'un régime d'autorisation ou de déclaration préalable pour les activités précitées, elle prescrit également des cas d'exemption, d'interdiction et de sanctions.
- **Le décret n° 2-97-30** pris pour l'application de la loi 005 71 relative à la protection contre les rayonnements ionisants: les différents aspects de radioprotection procèdent des normes fondamentales de radioprotection de l'AIEA fondées sur les recommandations de la commission internationale de protection radiologique (C.I.P.R), basées sur le principe selon lequel l'exposition aux rayonnements

ionisants, doit être maintenue au niveau le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Dans le champ d'application, le décret fixe les principes généraux de protection et les conditions auxquelles sont soumises les activités impliquant une radio- exposition : Il donne la classification des établissements en catégories et classes. Il détermine les modalités d'autorisation, de déclaration et d'exemption et donne une définition des termes techniques employés dans le texte. Il fixe les conditions de radio exposition en circonstance normales et anormales et le système des limitations des doses pour les travailleurs, la femme en état de procréer, l'étudiant, l'apprenti et le public, les situations d'urgence. Il fixe les principes fondamentaux de la surveillance des travailleurs: par les mesures administratives, techniques et médicales. Il prévoit l'enregistrement et l'archivage des dossiers, Il fixe les principes de la surveillance de la santé publique. Il définit l'autorisation et les conditions de son obtention. Il fixe les modalités de contrôle et d'inspection. Il porte la création de la commission nationale de radioprotection.

- **Le décret 2-97-132** régissant l'utilisation des rayonnements ionisants et concernant le secteur de la radiologie médicale. Les dispositions concernent :
 - L'acquisition, la détention, l'utilisation de sources de rayonnements ionisants de catégorie 2, classe 2 (appareils de radiologie fixes ou mobiles à des fins médicales) sont soumises à autorisation.

- Obligation de respecter pour les locaux de radiologie des normes précises, de mettre en place les moyens de radioprotection et d'utiliser les appareils de radiologie homologués par le Ministère de la Santé Publique.
- Toute radiographie doit comporter le nom du médecin qui l'a effectuée, le nom du patient et la date à laquelle la radiographie a été réalisée. Elle doit être accompagnée d'un compte-rendu signé.
- L'utilisation des appareils de radioscopie à des fins de diagnostic est interdite. Les médecins qui disposent déjà d'appareils de radioscopie ont un délai de cinq ans pour mettre fin à leur usage.
- Seuls les médecins spécialistes en radio-isotopes et en radiothérapie ont le droit d'utiliser des sources de rayonnement ionisants pour les actes relevant de leur spécialité respective.
- Seuls les médecins spécialistes en radiologie ont le droit de pratiquer des examens radiologiques utilisant des rayons X. Des dispositions transitoires sont prévues pour les villes où il n'y a pas de médecins radiologues ou de structures publiques équivalentes.
- Est passible de sanctions tout praticien en infraction avec l'interdiction qui lui est faite de poursuivre l'utilisation d'appareils émettant des rayonnements ionisants.

c-3- Textes en projets :

- Texte relatif à la responsabilité civile en matière des dommages nucléaires
- Texte relatif à la gestion des déchets radioactifs ;

- Texte portant sur la protection physique des matières nucléaires ;
- Texte relatif à l'irradiation des aliments.

d- Les structures de décision et de contrôle :

d-1- Le Centre National de Radioprotection du Ministère de la Santé Publique:

Il représente l'autorité réglementaire nationale, chargée du contrôle à priori et à posteriori, de toutes les activités et pratiques ayant trait à l'importation, la détention, l'utilisation, le transport et le stockage des sources de rayonnement ionisants sur le territoire national dans les différents secteurs socio-économiques: médecine, agriculture, industrie, mine, enseignement, recherche, etc...

A cette fin, il est chargé de la surveillance dosimétrique du personnel D.A.T.R., du contrôle des établissements où sont installées les sources, du contrôle des importations, du stockage, du transfert et de l'utilisation des sources des rayonnements ionisants, de l'intervention dans les situations d'urgence radiologique, du contrôle de la radioactivité dans l'environnement, du contrôle de la radioactivité dans les denrées alimentaires, de la surveillance de la gestion des déchets radioactifs, de l'étude et de la recherche en radioprotection, de la participation à l'élaboration des textes en matière de radioprotection et de sûreté nucléaire; et de la participation à l'enseignement de la radioprotection.

d-2- La Commission Nationale de protection radiologique:

Siégeant auprès du Ministère de la Santé, cette commission est habilitée à donner son avis sur toute question relative à la protection radiologique.

d-3- La Commission Nationale de Sûreté Nucléaire :

Cette commission donne son avis sur les demandes d'autorisations prévues par le présent décret et sur les conditions s'imposant à chacune de ces autorisations ainsi que sur toute modification ayant trait à la sûreté d'une installation nucléaire. Cette Commission siège auprès du Ministère chargé de l'Energie, qui est l'autorité de sûreté pour les installations nucléaires.

d-4- Le service de l'énergie nucléaire du Ministère de l'Energie et des Mines :

Il est chargé de la Sûreté Nucléaire, en qualité d'autorité de sûreté pour les installations nucléaires.

d-5- Le Centre National de l'Energie des Sciences et des Techniques nucléaires:

Il est chargé de proposer au gouvernement les orientations et les objectifs concernant la politique nationale en matière d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire à des fins de développement économique, scientifique et technologique et de proposer les mesures permettant d'en coordonner

l'exécution ; de coordonner les programmes d'activités scientifiques et techniques nucléaires des différents départements et organismes publics concernés ; de donner un avis sur les questions de réglementation nucléaire; et de proposer des actions prioritaires de coopération internationale dans le domaine de l'énergie nucléaire (21, 34, 6).

3- Principes de la radioprotection :

Le système de protection radiologique recommandé par la CIPR dans sa publication 60 est basé sur trois grands principes. Ces principes sont la justification, l'optimisation et la limitation des doses. La CIPR recommande que ces trois principes généraux soient appliqués pour le contrôle des nouvelles pratiques ainsi que celles en cours.

Il est important de rappeler qu'aucun de ces principes ne devrait être utilisé séparément. Un système efficace de protection radiologique doit utiliser les trois principes pour s'assurer que toutes les doses sont maintenues aussi bas que possible.

- ***Le principe de justification***

Toute activité susceptible de soumettre des personnes à une exposition aux rayonnements ionisants, ne peut être entreprise que si elle est justifiée par ses avantages sociaux, économiques, scientifiques et sanitaires, rapportés aux risques inhérents à cette exposition. Toute activité non justifiée est interdite.

▪ ***Le principe d'optimisation***

Si l'exposition et le risque nuls n'existent pas, il n'est pas pour autant envisageable de se priver complètement des apports des rayonnements ionisants ou de l'énergie nucléaire.

On doit donc accepter un risque "incompressible" en mettant en œuvre les moyens propres à le réduire le plus possible, étant entendu que l'on se situe déjà, au départ de cette démarche, dans un niveau de risque acceptable.

Cette réduction supplémentaire du risque ne peut cependant que rester raisonnable, en tenant compte d'un équilibre entre apport et inconvénients du procédé, ainsi que du coût supplémentaire des efforts consentis pour en réduire l'impact.

Le coût supplémentaire dont il est question comprend bien sûr le coût économique des moyens de protection ou de prévention nécessaires, mais aussi le coût social (impact sanitaire sous toutes ses formes, impact des moyens de protection sur la performance...). Ce principe est connu chez les anglo-saxons sous le terme "**ALARA**" (*As Low As Reasonably Achievable*).

Lorsque l'exposition est justifiée, ce principe consiste à maintenir les doses reçues au plus bas niveau que l'on peut raisonnablement atteindre compte tenu des considérations économiques, sociales, techniques et scientifiques.

▪ ***Le principe de limitation***

Il concerne la fixation réglementaire des limites annuelles individuelles d'exposition. La valeur limite est de 1 msv /an pour le public et de 20 msv / an pour les travailleurs de catégorie A (**33, 30, 34, 21**).

4- Radioprotection :

a- L'autorisation et la déclaration :

Les appareils et installations utilisant les rayonnements ionisants à des fins médicales sont soumis à une autorisation qui est accordée par le Ministère de la Santé, après avis du CNRP, sur la base de garanties très strictes de conformité à des normes de construction et d'installation.

a-1- Domaine :

Toutes les installations utilisant les rayonnements ionisants ou les substances radioactives à des fins médicales, doivent faire l'objet d'une autorisation accordée par le Ministère de la Santé, en l'absence duquel elles ne sont pas en situation régulière au regard de la réglementation.

a-2- Procédure :

Les conditions de cette autorisation, auxquelles sont assujettis les équipements mettant en œuvre les rayonnements ionisants et les installations destinées à l'utilisation des radioéléments artificiels sont définies par les décrets n° 2-97-30 et n°2-97-132 du 28 Octobre 1997. L'agrément est accordé après avis du Centre National de Radioprotection dans une catégorie d'application bien déterminée: radiodiagnostic médical ou dentaire, scanographie, radiothérapie, curiethérapie, médecine nucléaire, etc. **(21)**

a-3- Conditions :

L'autorisation n'est accordée qu'aux installations dotées d'une infrastructure technique suffisante pour permettre le respect des règles de radioprotection du personnel utilisateur, des patients et de l'environnement. Elle est subordonnée à des garanties de sécurité concernant, respectivement, les appareils qui doivent être homologués et agréés dans leurs pays d'origines, les locaux et les conditions d'utilisation.

Par ailleurs, les services techniques spécialisés de l'établissement (ingénieurs hospitaliers, radiophysiciens,...) sont étroitement associés à la mise en œuvre de ces procédures qui garantissent la sécurité des installations. La conformité des installations vérifiée au départ, demeure normalement maintenue:

- si le matériel n'a pas subi de modifications par rapport au type homologué
- s'il est convenablement entretenu
- s'il ne présente pas de dégradations apparentes
- si la disposition des équipements et des locaux n'est pas changée.

Cette conformité assure la sécurité du personnel. Quant à la sécurité du patient, elle est en outre, liée à la qualité des actes; celle-ci repose, entre autres, sur un contrôle technique de qualité **(21)**.

b- Conformité des installations :

b-1- En milieu médical :

▪ ***Radiodiagnostic***

Les faisceaux de rayons X sont le plus généralement produits à haute tension comprise entre 25 et 150 KV, avec des quantités de rayonnements beaucoup plus faibles que celles utilisées en radiothérapie. Il est recommandé que le pupitre de commande soit à l'extérieur de la salle et que l'opérateur manipule derrière un paravent de protection en plomb et au verre au plomb. Les murs de la salle doivent protéger le personnel et le public à l'extérieur et sont réalisées à l'aide d'une épaisseur de plomb ou l'équivalent en béton suffisamment étanche aux radiations. La conception des locaux doit être conforme aux dispositions réglementaires. Le blindage peut être destiné soit à la personne (personnel ou le patient), ou à la structure de l'installation **(21, 33)**.

▪ ***Radiothérapie externe :***

Dans le cas de la radiothérapie externe, les niveaux d'irradiation dans la salle pendant le traitement ne permettent pas au personnel d'y rester. La salle est "zone contrôlée interdite" au personnel pendant l'irradiation. L'épaisseur des parois est calculée d'après les caractéristiques d'émission de l'appareil ainsi qu'en fonction de l'usage des locaux adjacents **(33)**.

▪ ***Curiethérapie :***

En curiethérapie, les sources ne peuvent pas faire l'objet d'une protection de principe comme en radiothérapie externe. Les particularités de cette technique résident dans la proximité de l'opérateur vis-à-vis des sources, lors de leur préparation, lors de leur mise en place dans le malade ou pendant les soins prodigués lors de l'hospitalisation. La radioprotection n'est alors pas assurée de façon systématique par la conception de l'appareil et du local mais est garantie surtout par le respect et l'application des consignes de travail fondées sur les trois règles de base: temps, distance et écran. Les murs de la salle sont réalisés à l'aide d'une épaisseur de béton assurant une étanchéité suffisante aux rayonnements ionisants. En ce qui concerne l'hospitalisation, la conception des chambres, permet grâce à une protection physique, de limiter le débit d'exposition dans les couloirs **(33)**.

▪ ***Médecine nucléaire :***

Les caractéristiques des sources utilisées en médecine nucléaire entraînent une radioprotection particulière qui repose sur une hiérarchisation des locaux en fonction du niveau d'activité, et par un aménagement et un équipement destiné à éviter, ou au moins à limiter, l'exposition externe ainsi que les conséquences d'une contamination radioactive (hotte aspirante et parfois blindée équipée de filtres, ventilation, port de gants jetables, utilisation de flacons en verre au plomb et de protège - seringues **(33, 13)**).

b-2- En milieu industriel :

La radiographie industrielle :

Elle utilise des rayonnements X ou gamma, certains dispositifs de sécurité utilisés pour protéger les opérateurs et d'autres personnes des expositions inutiles aux rayonnements :

▪ ***Les écrans renforceurs***

Avec l'utilisation des écrans renforceurs moins de rayonnements sont nécessaires pour produire des images radiographiques. Cela permettra de réduire l'exposition des opérateurs et d'autres qui sont à proximité de la zone de radiographie.

▪ ***Blindage supplémentaire***

Les deux sources de rayonnements(X et gamma) peuvent nécessiter un blindage supplémentaire de protection.

▪ ***Les panneaux de signalisation et balise***

Chaque fois qu'une source radioactive est sur le point d'être utilisée, une pré alerte doit être donnée avant l'arrivée du courant qui est appliqué au filament du tube rayons X. Les types de pré alarme les plus utilisés sont soit des feux orange ou alarmes sonores. Quels que soit la nature ou le type d'alarmes utilisés, un avis doit également être affiché.

▪ ***Equipements de surveillance de rayonnements***

Les mesures de dose doivent être effectuées en utilisant un détecteur de rayonnements (radiometre) **(33)**.

Les radiotraceurs :

Les radiotraceurs généralement sont des émetteurs bêta / gamma. Les moniteurs de contamination utilisés doivent être en mesure de contrôler les émetteurs bêta et gamma. Les traceurs radioactifs peuvent être utilisés de différentes manières industrielles Certains d'entre eux sont utilisés comme suit:

- ✓ Mesure volumes de gaz ou de liquide
- ✓ Le débit des matériaux
- ✓ Le flux des parcours et des blocages des matériaux
- ✓ temps de séjour d'un matériau dans une partie du système
- ✓ Détection de fuites
- ✓ Le mélange de produits dans un système**(33)**

c- Les mesures techniques de la radioprotection :

c-1- Catégorisation du personnel :

De la même manière que la considération des niveaux de risque dans les différents locaux ou sur les chantiers ont conduit à définir des zones réglementées, différentes catégories de personnel sont instituées en fonction du niveau de risque professionnel auquel ils sont susceptibles d'être exposés.

Ce classement est effectué par le chef d'établissement, sur étude des fiches de poste et des évaluations de dose établies par la PCR.

Ces évaluations préalables de dose sont faites avec les protections collectives et les protections individuelles (à la différence des évaluations destinées au zonage radiologique).

Trois catégories de personnel sont ainsi définies :

- Le personnel non exposé (personnes du public),
- Le personnel exposé professionnellement :
- Catégorie A,
- Catégorie B.

Travailleurs de catégorie A :

Ces travailleurs sont appelés auparavant "directement affectés aux travaux sous rayonnements" (DATR).

Ce sont les travailleurs qui, dans les conditions normales de travail, risquent de recevoir :

- Une dose efficace annuelle supérieure à 6 mSv (mais toujours inférieure à 20 mSv qui est une limite infractionnelle),
- Ou une dose équivalente à 3/10 d'une autre limite.

Les femmes enceintes et les apprentis de moins de 18 ans sont exclus de cette catégorie A.

Travailleurs de catégorie B :

La définition donnée par la réglementation est simple puisqu'il s'agit "des autres travailleurs exposés".

Cette même réglementation précise par ailleurs que les travailleurs exposés sont les travailleurs qui sont soumis à un risque de recevoir une dose efficace annuelle supérieure à 1 mSv ou une dose équivalente supérieure à 1/10 des autres limites fixées pour les travailleurs de catégorie A.

Les travailleurs de catégorie B sont donc de fait ceux qui risquent, dans les conditions normales de travail, de dépasser une limite pour le public mais ne risquent pas de dépasser une dose efficace de 6 mSv par an ou 3/10 d'une autre limite fixée pour la catégorie A.

c-2- Catégories de travailleurs et zone réglementée :

On ne peut que remarquer que les définitions des différentes catégories de travailleurs données ci-dessus sont très proches de celles des zones réglementées.

Mais on observe également qu'il n'est dit nulle part que les zones contrôlées étaient réservées aux travailleurs de catégorie A et les zones surveillées aux travailleurs de catégorie B.

En fait, même si une certaine logique veut que les travailleurs habituels en zone contrôlée soient classés A et les travailleurs habituels en zone surveillée soient classés B, les travailleurs de catégorie B, et même les personnes du public, peuvent intervenir en zone contrôlée, si l'on a la garantie qu'ils ne risquent pas, dans les conditions dans lesquelles ils interviennent, de dépasser une limite propre à leur catégorie.

Il faut donc être attentif à ne pas faire un amalgame excessif entre zone réglementée et catégorie de travailleur.

On a d'ailleurs bien noté que l'appréciation du risque ne se faisait pas dans les mêmes conditions pour les travailleurs et pour le zonage (pas de notion de limite horaire pour les travailleurs, pas de protection individuelle pour les zones).

Bien entendu, à l'inverse, rien n'interdit à un travailleur de catégorie A d'intervenir en zone surveillée ou en zone non réglementée.

Seules les zones orange et rouge sont strictement réservées (et sous conditions restrictives), aux travailleurs de catégorie A.

c-3- Les limites de dose :

Ces limites sont fixées en termes de dose efficace (E) et, pour certains organes qui peuvent être spécialement exposés, en termes de dose équivalente à l'organe (H_{organe}).

La réglementation prévoit que la dose efficace (E) à prendre en considération est la somme des doses efficaces dues à l'irradiation externe et de celles dues à la contamination interne.

- Limites de dose en situation normale :

Il s'agit bien sûr des limites de dose fixées en application du principe de limitation évoqué plus haut. Ce sont donc des limites individuelles absolues, dont le franchissement est infractionnel, et dont le respect ne dispense pas d'appliquer le principe d'optimisation (recherche de la meilleure réduction raisonnable des doses collectives et individuelles).

Ces limites sont des limites annuelles, donc des cumuls de dose sur une période glissante de 12 mois, pour l'ensemble des activités menées par

une personne, même si c'est sur différents chantiers, dans plusieurs établissements (intérimaires, vacataires, stagiaires, sociétés de services...) ou pour plusieurs employeurs.

L'irradiation naturelle non renforcée et l'irradiation médicale ne sont pas prises en compte.

- Il a déjà été expliqué que fixer une limite à l'irradiation de patients n'avait pas vraiment de sens
- L'irradiation naturelle non renforcée est l'irradiation à laquelle on est soumis dans la vie courante (d'origine cosmique, tellurique ou interne). Par contre, l'irradiation naturelle renforcée, c'est-à-dire liée à des activités modifiant l'irradiation naturelle, comme le travail en galeries (grottes, mines...), ou en altitude (personnel naviguant des compagnies aériennes...), doit être prise en compte.

Limites annuelles de dose (en mSv) en fonction de la catégorie de personnel et de l'organe exposé

	CATEGOIE A	CATEGORIE B	PUBLIC
E=Eext+Eint	20	6	1
H peau (1cm ²)	500	150	50
H Extrémités*	500	150	
H cristalns	150	45	15

* : Mains, poignets, pieds, chevilles

En fait, les limites "catégorie B" sont 3/10 des limites "catégorie A".

La réglementation impose de plus une limite de dose efficace au fœtus de 1 mSv, pour la durée de la grossesse connue. On a tendance à considérer, abusivement, qu'il s'agit d'une limite pour la femme enceinte.

On verra plus loin que la catégorisation des travailleurs est liée au risque de dépasser en un an certaines de ces limites.

Cas particulier : grossesse et allaitement :

L'exposition des femmes enceintes doit, conformément à la règle générale, être aussi réduite qu'il est raisonnablement possible et ne doit pas dépasser, pour la période de grossesse, les deux dixièmes des limites réglementaires annuelles d'exposition professionnelle, c'est-à-dire :

- en exposition externe exclusive : 10 millisieverts sur l'abdomen, soit deux dixièmes de 0,05 Sv ;
- en exposition interne exclusive : activité éventuellement incorporée inférieure aux deux dixièmes de la limite annuelle d'incorporation (L.A.I.) fixée pour chaque radionucléide
- en expositions externe et interne associées : cumul proportionnel pondéré inférieur à 2/10.

- Limites de dose en situation anormale :

Les situations anormales, qui peuvent justifier ou imposer que quelques personnes soient soumises à des doses supérieures à ces limites, comprennent :

- **Les expositions sous autorisation spéciale**, réservées à des personnels de catégorie A spécialement informés et volontaires. Il s'agit d'opérations exceptionnelles pouvant être programmées, justifiées et autorisées.

La limite de dose pour une opération est 2 fois une limite annuelle, sous réserve que la limite de dose de l'intervenant en situation normale soit respectée.

- **Les expositions en situation d'urgence**, pour lesquels il n'y a pas réellement de limite mais des recommandations à appliquer en fonction des circonstances (notamment quand il s'agit de sauver des vies).

c-4- L'aménagement des locaux et le zonage radiologique :

Le zonage radiologique permet de définir diverses zones "réglementées" dans lesquelles le risque d'exposition aux rayonnements ionisants est convenablement identifié.

C'est un système complexe, tenant compte à la fois du niveau de risque et du type d'installations (fixes ou mobiles, permanentes ou provisoires...).

Le classement en zone réglementée est de la responsabilité du chef d'établissement avec la participation effective de la PCR qui lui apporte son concours technique.

Comme L'homme ne peut pas sentir les rayonnements ionisants, il est important d'utiliser les panneaux de signalisation là où un risque d'exposition externe est présent. Les panneaux de signalisation devraient être apposés sur la source elle-même ainsi qu'à sa proximité et au niveau du balisage où elle est stockée. Le symbole international pour les rayonnements ionisants est le trèfle, Ce symbole est destiné à prévenir les risques radiologiques dans les zones de travail ou au niveau des sources elles-mêmes. Le trèfle est accepté au niveau international comme noir sur un fond jaune. Toutefois, ces couleurs peuvent varier dans certains pays.

▪ **Zonage pour les installations fixes :**

On distingue 3 zones, définies en fonction du risque de recevoir, dans les conditions normales comprenant les aléas prévisibles comme il a été indiqué plus haut, une dose efficace ou équivalente dépassant certaines limites annuelles.

✓ **La zone surveillée :** est la zone où un travailleur risque de dépasser, toujours dans les conditions normales de travail, une limite annuelle "public" mais ne risque pas de dépasser une limite annuelle "catégorie B" ($E < 6 \text{ mSv/an...}$).

Elle est signalée par des affiches "trisecteurs" ou "trèfles" bleus aux entrées.

La réglementation impose de plus que la dose efficace susceptible d'être reçue en une heure soit inférieure à $7,5 \mu\text{Sv}$ et la dose équivalente aux extrémités inférieure à $65 \mu\text{Sv}$.

On remarque qu'il s'agit là de doses "moyennes en une heure" et non de débits de dose instantanés.

Cette remarque est particulièrement importante pour des sources de rayonnements fonctionnant de manière brève et discontinue, comme les générateurs X de l'imagerie médicale, et où le débit de dose (mSv/h) peut être très différents de la dose (mSv) en une heure.

✓ **La zone contrôlée** : est la zone où un travailleur risque de dépasser une limite annuelle pour la catégorie B.

Comme il ne doit pas risquer de dépasser une limite annuelle pour la catégorie A, des zones particulières, dites zones à accès spécialement réglementé, sont définies au sein de la zone contrôlée, avec des conditions d'accès et de séjour restreintes :

1- La zone contrôlée simple est la zone contrôlée où les limites annuelles sont respectées pour un temps de travail complet au cours de l'année (2000 heures).

La dose efficace moyenne en une heure est inférieure à 25 μSv et la dose équivalente moyenne aux extrémités 200 μSv , toujours en une heure. Elle est signalée par des "trèfles" verts.

2- La zone contrôlée à accès réglementé : (couleur des "trèfles" Jaune qui la signalent).

La dose efficace moyenne susceptible d'être reçue en une heure est comprise entre 25 μSv et 2 mSv.

La dose équivalente "extrémités" est comprise entre 200 μSv et 50 mSv en une heure.

S'y ajoute une limite de débit de dose équivalente pour l'organisme entier, instantanée, de 2 mSv/h.

Il s'agit cette fois d'un vrai débit de dose et non plus d'une dose moyenne en une heure. On observe de plus que c'est une dose équivalente à l'organisme entier et non une dose efficace. Il suffit donc que ce niveau soit atteint durant un bref instant pour que la zone doive être classée "jaune".

3- La zone contrôlée orange.

La dose efficace moyenne susceptible d'être reçue en une heure est comprise entre 2 et 100 mSv.

La dose équivalente aux extrémités susceptible d'être reçue en une heure est comprise entre 50 mSv et 2,5 Sv.

S'y ajoute une limite de débit de dose équivalente pour l'organisme entier de 100 mSv/h.

Le séjour dans cette zone est bien sûr limité à des durées très inférieures à l'heure et selon des dispositions très contrôlées par le chef d'établissement.

4- La zone contrôlée rouge ou zone interdite.

Il s'agit d'une zone où l'une des limites concernant la zone orange peut être dépassée.






Dans les zones contrôlées à accès réglementé, les débits de dose ou les doses moyennes en une heure sont tels qu'il apparaît évident que, pour ne pas risquer de dépasser une limite annuelle, un temps de séjour restreint s'impose. Cette restriction entraînera une organisation et une préparation des interventions minutieuses.

Les dispositions applicables aux travailleurs intervenant dans ces zones seront abordés plus loin.

✓ **La zone "publique" ou zone non réglementée :**

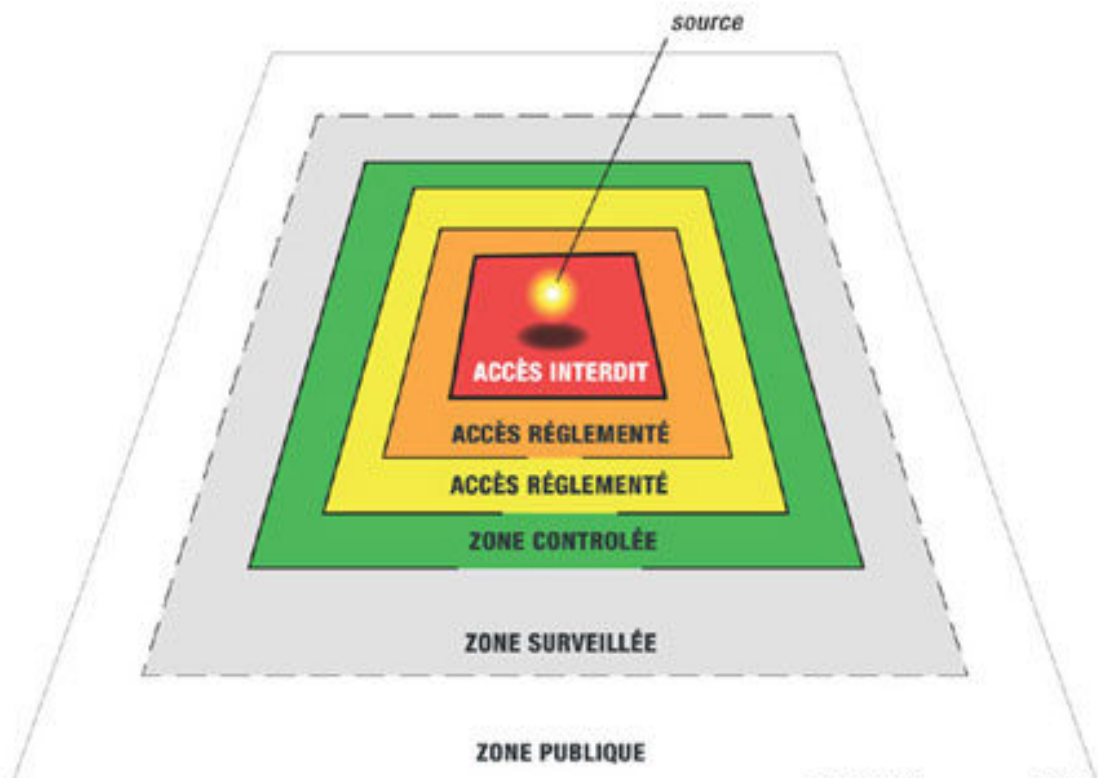
(encore appelée "zone attenante") comprend les zones, voisines des zones réglementées, mais où on ne risque pas, dans les conditions normales de travail, de dépasser une limite "public" ($E < 1 \text{ mSv/an...}$). La réglementation impose en outre que l'on vérifie à la limite des zones surveillées (donc encore en zone publique) qu'un travailleur ne risque pas d'y recevoir une dose efficace supérieure à 0,08 mSv en 1 mois ($\approx 1 \text{ mSv/12 mois}$).

Le schéma ci-dessous rappelle les zones réglementées et les limites qui s'y appliquent :

Type de zone	Débit d'équivalent de dose	Couleur	Conditions d'accès
Contrôlée	100 mSv.h ⁻¹	<p>ROUGE</p> 	Zone à risque très importants, accès interdit sauf accord écrit du Chef d'établissement pour un agent DATR ; enregistrement nominatif et port d'un dosimètre adapté.
	2 mSv.h ⁻¹	<p>ORANGE</p> 	Zone à risques importants, l'accès des agents DATR à ces zones et la durée du séjour sont soumis à l'accord formel du Service de Radioprotection.
Contrôlée	25 µSv.h ⁻¹	<p>JAUNE</p> 	Durée limitée pour les cat. De travailleurs A et B.
Contrôlée	7,5 µSv.h ⁻¹	<p>VERTE</p> 	Durée limitée pour les cat. B, permanente pour A, zone de travail normal.
Surveillée	2,5 µSv.h ⁻¹	<p>BLEUE</p> 	Accès permanent pour tous les travailleurs de l'établissement.

▪ **Zonage pour les appareils mobiles :**

La réglementation impose, pour ces appareils, la définition de zones d'opération, réservées aux seuls opérateurs, dès que la dose moyenne susceptible d'être reçue en une heure est supérieure à $2,5 \mu\text{Sv}$.



Le zonage radiologique

c-5- Aménagements des locaux en zone réglementée:

L'accès aux zones réglementées doit être signalisé par des "trèfles" de couleur bleue, verte, jaune orange ou rouge.

Il est possible de créer des zones réglementées intermittentes ou temporaires, notamment lorsqu'on utilise des générateurs électriques à fonctionnement discontinu, comme c'est généralement le cas en imagerie médicale par rayons X. La signalisation de la zone doit alors être réalisée par un dispositif lumineux asservi à l'appareil.

Les installations où existe un risque de contamination doivent être équipées de vestiaires en 2 parties distinctes ("froid et chaud") ainsi que de douches et lavabos.

La présence d'effets personnels, de nourriture, boissons, articles de fumeurs ou cosmétiques est interdite dans les zones où sont détenues ou utilisées des sources non scellées (présentant un risque de contamination).

Ces exigences concernent particulièrement les services de radiopharmacie ou de médecine nucléaire.

c-6- Contrôles réglementaires des sources et des locaux :

On conçoit bien que le fait de classer en zone réglementée les zones où un risque d'exposition existe ne suffit pas. Il est ensuite nécessaire de vérifier régulièrement ou en fonction des circonstances que ce risque reste connu et maîtrisé. C'est le rôle des contrôles techniques qu'impose la réglementation.

Ces contrôles concernent d'une part les sources de rayonnements ionisants, d'autre part les ambiances de travail dans les zones réglementées.

Ils sont réalisés par les PCR des établissements d'une part (on parle alors de contrôles internes) et des organismes agréés (on parle de contrôles externes).

▪ **Les contrôles techniques des sources**

Ils comprennent :

- Un contrôle à la réception,
- Un contrôle à la mise en service,
- Un contrôle lors de toute modification.

Ces contrôles sont réalisés par la PCR.

On note que les contrôles externes viennent régulièrement "vérifier" ou "valider" les contrôles internes menés par la PCR.

Toutefois, les contrôles externes ne remplacent pas les contrôles internes mais s'y ajoutent.

La programmation de l'ensemble de ces contrôles et de la responsabilité du chef d'établissement.

▪ **Les contrôles d'ambiance**

Dans les zones réglementées, ils sont réalisés par la PCR, si possible en continu, sinon au moins une fois par mois (dosimétrie, activité ambiante, s'il y a lieu...).

Un document interne à l'établissement doit réunir :

- Le relevé des sources et appareils,
- Les procédures et programmes de contrôle,
- Les résultats des contrôles.

c-7- Les moyens d'optimisation :

Se protéger pour préserver sa santé

Signalisation des zones radioactives

 ZONE SURVEILLÉE ACCES REGULÉMENTÉ Zone à risques limités	 ZONE CONTRÔLÉE ACCES REGULÉMENTÉ	 Zone spéciale jaune ACCES REGULÉMENTÉ	 Zone spéciale orange ACCES REGULÉMENTÉ	 Zone spéciale rouge ACCES INTERDIT Zone interdite
--	---	--	---	---

Zones à risques

Se reporter au règlement de zones établi par l'établissement

TEMPS/ ECRAN / DISTANCE

Adapter son comportement

- Limiter le temps d'exposition
- S'éloigner de la source
- Utiliser les moyens de protection

PROTECTION COLLECTIVE
PROTECTION INDIVIDUELLE

- Murs renforcés
- Portes blindées

L'architecture des locaux à risques est en adéquation avec la norme : NF ISO 9404-1

- Tablier
- Paravent
- Lunette et gant plombés

DOSIMETRE

INDIVIDUEL, NOMINATIF, NON CESSIBLE

Catégorie A: 20mSv/an

Catégorie B: 6mSv/an

Public: 1mSv/an

Les limites annuelles d'exposition pour les travailleurs sont définies réglementairement (décret du 31/03/2003)

Afin de réduire les expositions on peut agir à la fois sur :

▪ **Les sources de rayonnements et les matériels :**

Afin d'éviter les expositions inutiles il faut réduire au maximum l'intensité de la source (cas d'un générateur à rayons X) ou l'activité de la source (sources scellées ou non) en prenant en compte le temps de

décroissance, réduire le faisceau utile, utiliser des collimateurs adaptés, En utilisant des écrans, des containers de protection absorbant les rayonnements ionisants, s'agissant du risque d'exposition externe, mettre en place des barrières de confinement des matières radioactives (boîtes à gants, enceintes de confinement, ...), en cas de risque de contamination, et il faut veiller à l'utilisation d'appareillages conformes et contrôlés régulièrement.

- **L'organisation et les conditions de travail :**

Le contrôle des expositions peut se faire Par l'éloignement au maximum des opérateurs par rapport aux sources de rayonnements (mise en œuvre d'automates ou de robots pour certaines opérations, télémanipulation de certaines substances radioactives dans les laboratoires, vidéosurveillance, pinces de manutention, par la diminution des temps d'exposition (préparation en amont des interventions, repérage préalable des lieux de travail, rotation du personnel sur certains postes de travail, par le respect des affichages réglementaires obligatoires, des signalisations et le balisage des zones, par l'élaboration et le respect de protocoles d'intervention, de procédures d'entrée/ sortie de zones (interdiction d'accès aux zones réglementées à toute personne dont la présence n'est pas indispensable,...), de procédures de décontamination (contrôles des surfaces, du matériel et des mains au moyen de contaminamètre, de radiamètre,...), de gestion des déchets, de consignes de sécurité, et par la vérification du port effectif, si nécessaire, par le personnel, d'équipements de protection individuelle destinés à atténuer les rayonnements, ...

Les principales techniques de control l'exposition externe :

▪ **LE TEMPS :**

L'exposition est directement proportionnelle au temps passé près de la source. Le temps d'exposition doit être le plus bref possible.

▪ **LA DISTANCE :**

Le débit de dose est inversement proportionnelle au carré de la distance : doubler la distance par rapport à une source ponctuelle diminue le débit de dose par 4.

▪ **LES ECRANS :**

L'exposition peut souvent être réduite par l'interposition d'un écran dont la nature et l'épaisseur sont adaptées aux caractéristiques du rayonnement et à l'activité.

Particules alpha -> feuille de papier

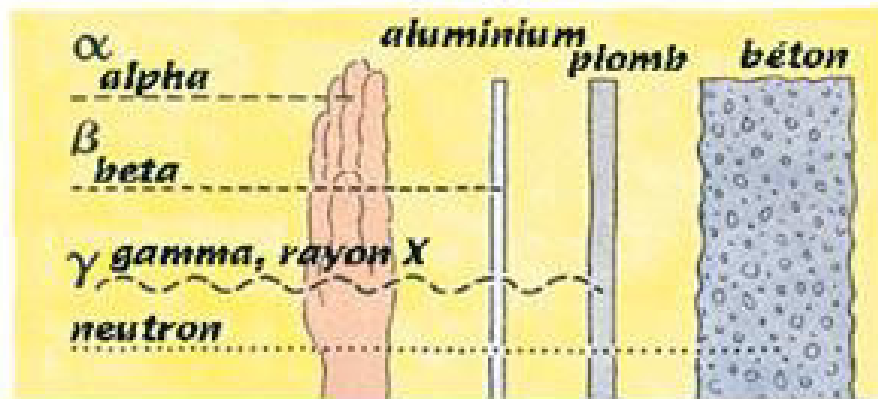
Particules bêta -> plexiglas, aluminium

Rayonnement gamma -> béton, fer, plomb

Neutrons rapides -> paraffine, eau

Neutrons thermiques -> matériaux spéciaux (bore, cadmium)

Le pouvoir de pénétration pour les différents types de rayonnements est indiqué sur la figure suivante :



- **Les particules alpha** ont un faible parcours dans l'air (quelques centimètres) et sont facilement absorbées de sorte qu'elles ne nécessitent aucune protection.
- **Les particules Bêta** de faible énergie comme celles du tritium (énergie maximale de 0,019 MeV) sont également facilement absorbées et ne nécessitent pas de protection. Toutefois, les particules bêta d'énergie élevée telles que celles du phosphore-32 (énergie maximale de 1,7 MeV) sont plus pénétrantes et interagissent avec les écrans de protection pour produire le rayonnement de freinage connus sous le nom de « bremsstrahlung ». L'utilisation d'un blindage de faible numéro atomique pour la protection contre le rayonnement bêta (par exemple le plexiglas) permettra de réduire l'intensité des particules bêta et de réduire au minimum la production le rayonnement de freinage.

Parfois, il pourrait être encore nécessaire d'utiliser d'autres blindages pour protéger les travailleurs contre le rayonnement de freinage. Dans ce cas, le plexiglas entouré par un écran de plomb est recommandé.

- **Les rayons X et gamma** sont beaucoup plus pénétrants que les particules alpha ou bêta. L'utilisation d'un blindage d'un numéro atomique élevé (par exemple le béton, le plomb ou le fer) est nécessaire pour atténuer les rayonnements et réduire le débit de dose à des niveaux acceptables. Le facteur d'atténuation dépend du matériaux de protection, de son épaisseur et de l'énergie des photons incidents.
- **Les neutrons** : le blindage est plus complexe en raison de la large gamme de leur énergie et les différentes réactions qui peuvent se produire. un blindage convenable doit intégrer une combinaison d'un matériel d'une teneur importante en hydrogène (par exemple l'eau, la cire de la paraffine, le polyéthylène, le béton) pour ralentir les neutrons, et du bore pour l'absorber. La cire de la paraffine boratée est le nom donné à un mélange de la cire de paraffine et du bore qui pourrait être utilisé comme un blindage pour les petites surfaces.

Les moyens de prévention par secteur professionnel :

En complément des moyens d'optimisation généraux, et des exigences essentielles en matières de formation et de suivi médical et dosimétrique du personnel, des moyens de protections collectives et individuelles sont données pour chaque secteur professionnel.

- **Milieu médical (hors médecine nucléaire)**

- ✓ **Le Personnel exposé :**

Manipulateurs, radiologues, infirmiers, dentistes...

- ✓ **Les moyens de protection collective**

Pour réduire l'exposition, il faut mettre en place des moyens de protection collective comme un blindage de la source, des pinces de manutention des appareillages, équipés d'un dispositif permettant d'estimer les doses de rayons X délivrées au patient, des appareillages à commandes déportées dans un local indépendant et protégé, l'utilisation du mode pulsé selon le type d'acte, la mise en place d'écrans de protection entre le salarié et la source, la mise en place de bas volets sur les tables d'intervention et l'usage d'écrans mobiles entre la source de rayonnement et le salarié lors d'utilisation d'émetteur de rayons X mobiles et à incidence variable...

- ✓ **Les moyens de protection individuelle :**

Pour réduire l'exposition, il faut mettre aussi en place des moyens de protection individuelle comme des gants de protection en plomb, des gants chirurgicaux radio-atténuateurs stérilisables (réduction d'un facteur 2) des lunettes : verre au plomb des tabliers de protection - Cache thyroïde - Cache gonade : nombre suffisant et taille adaptée.

Les accessoires de protection radiologique dont l'équivalent d'épaisseur de plomb est de 0,35 mm réduit d'un facteur environ 70 l'intensité du rayonnement diffusé.

Différentes épaisseurs de plomb existent pour les tabliers de 0,35 à 0,50 mm. Des tables permettent de calculer la demi atténuation ou la déci atténuation en fonction de l'énergie du rayonnement.

Les tabliers de protection en 2 parties, jupe et débardeur sont plus ergonomiques, le poids étant mieux réparti. Il faut veiller à ce que la conception de la coupe du tablier protège aussi le dos. Le matériel de protection doit être vérifié, notamment par la personne compétente en radioprotection.

- **Médecine Nucléaire :**

- ✓ **Les moyens de protection collective :**

Pour réduire l'exposition, il faut mettre en place des moyens de protection collective comme des vestiaires et sas d'accès aux zones de travail. Dans le cadre de la radiothérapie métabolique : chambres individuelles spéciales avec murs plombés et toilettes spécifiques (dont les canalisations seront raccordées à des cuves spécifiques de décroissance), aération efficace des chambres et sanitaires et procédures de vérification d'absence de contamination s'agissant du dispositif de ventilation, des chambres après les sorties des patients, du linge, des draps, et de tout objet réutilisable en contact avec les patients...), procédures spéciales (pas de visite des proches, utilisation de matériels d'entretien spécifiques ou à usage unique avec protocole d'usage pour les chambres ainsi que de matériels à usage unique à destination des patients (matériels éliminés comme déchets radioactifs après emballage spécifique). Les Locaux doivent être en dépression avec organisation hiérarchisée en fonction des activités

radioactives, munis de sources blindées et de Hottes et boites à gants blindées et ventilées en dépression. La manipulation des produits radioactifs doit se faire sur une paillasse protégée (papier absorbant), en utilisant des pinces de manutention, Protège seringue en plomb, plexiglas (= PMMA polyméthylmétacrylate) ou tungstène (pour émetteurs bêta fortement énergétiques de l'ordre de 2 mev et plus)) et Poubelles plombées sans oublier l'Interposition d'écrans appropriés (verre, plexiglas, plomb...) entre le salarié et la source.

✓ **Les moyens de protection individuelle :**

Les operateurs doivent disposer de Tenue de base faite de surblouse, gants vinyl ou latex (en cas de risque de contamination), sur chaussettes à usage unique et éliminés avec les déchets contaminés après usage, avec Lavage régulier des mains. Les Tabliers de plomb n'ont pas d'intérêt vis à vis de l'iode 131 mais efficaces vis à vis de source émettrice bêta pur type yttrium 90.

▪ **Industrie et recherche :**

Le recours aux rayonnements ionisants dans le secteur de l'industrie et de la recherche est à la fois très diffus et très répandu : à titre d'exemple, les jauges radioactives permettant de mesurer l'épaisseur d'un matériau ou le niveau de liquide dans un réservoir, les traceurs radioactifs utilisés pour la surveillance du cheminement ou la détection d'une fuite de produits sur une canalisation, la radiographie (gammagraphie ou rayons X) pour

apprécier l'état d'une structure, d'une soudure, ...). S'agissant de ce secteur d'activité, nous nous limiterons ici à rappeler quelques exemples de moyens de protection collective en gammagraphie industrielle :

- Travailler, si possible, en atelier ou sur des zones spécifiquement aménagées pour les travaux de radiographie (« blockhaus », disposition d'écrans de protection à demeure)
- Hors atelier (sur site industriel, par exemple), utiliser des écrans de protection souple, afin d'atténuer les débits de dose absorbée
- Rallonger la télécommande manuelle dans la limite prescrite par les normes applicables
- En cas de conditions de travail difficiles sur site (travail en hauteur, de nuit...), disposer d'un échafaudage répondant aux exigences du radiologue (manutention du projecteur gamma, accessibilité à la zone à radiographier, distance de repli suffisant, éclairage ...)
- Utiliser systématiquement un collimateur sauf impossibilité technique...

▪ ***Installation nucléaire de base (INB) :***

✓ **Les moyens de protection collective :**

Les Locaux en dépression doivent être munis de Hottes et boîtes à gants blindées et ventilées en dépression, des aspirateurs portables, des aspirateurs à eau si besoin, des robots ou automates pour certaines opérations exposant fortement le personnel aux rayonnements ionisants ; et

des douches, rince œil, ... en cas de risque de contamination externe les manipulations des produits doivent se faire derrière des écrans en verre plombé.

✓ **Les moyens de protection individuelle**

Pour la protection contre le risque de contamination cutanée, il faut mettre en place des tenues de base (coton ou synthétique), des combinaisons en papier, des tenues isolantes ventilées, des calots, des coiffes, des bottes et des sur bottes, pour la protection respiratoire contre le risque de contamination, il faut utiliser des appareils filtrants ou appareils isolants (autonome ou non autonome) et des visières en plexiglas (**30, 21, 25, 13, 10, 33**).

d- Mesures administratives :

d-1- Les acteurs de la radioprotection dans l'établissement :

La radioprotection au sein de l'établissement est assurée par plusieurs acteurs dont les rôles sont complémentaires :

- Le chef d'établissement (et la personne responsable de l'activité).
- Le médecin du travail ou de prévention.
- La personne compétente en radioprotection.
- Le comité d'hygiène et de sécurité (CHS).
- La personne spécialisée en radio physique médicale pour les établissements de santé au profit des patients.
- Les opérateurs ou travailleurs.

- Le chef d'établissement :

Le chef d'établissement est le responsable de la radioprotection dans l'ensemble de son établissement.

Cette responsabilité est partagée avec d'autres acteurs que sont en particulier la personne compétente en radioprotection et la personne responsable de l'activité, comme le chef du service d'imagerie médicale par exemple.

- Il s'assure de la mise en place des mesures de radioprotection,
- Il désigne la personne compétente en radioprotection et le médecin du travail.

- Le médecin du travail :

Il est titulaire d'un diplôme de médecine du travail (ainsi que d'une formation spécifique en matière de la radioprotection).

Il assure les fonctions habituelles de médecin du travail (visites d'aptitude, participation aux études de poste, contrôle des postes de travail, conseil du chef d'établissement...) et assure le suivi médical spécifique aux travailleurs exposés.

Il participe de plus aux formations spécifiques en radioprotection.

- La personne compétente en radioprotection (PCR) :

La (PCR) est la personne spécialement chargée, sous la responsabilité du chef d'établissement, de mettre en œuvre les dispositions de radioprotection pour le personnel et les personnes du public au sein de l'établissement.

Elle travaille en relation avec le médecin du travail et le comité d'hygiène et de sécurité.

Ces différentes dispositions de radioprotection, pour lesquelles la PCR joue un rôle central, sont présentées par la suite :

- Respect des différentes limites,
- Etablissement et respect des règles de protection,
- Etudes de poste et évaluation des risques
- Délimitation des zones réglementées,
- Gestion des sources et contrôles,
- Formation du personnel

Elle doit détenir un diplôme national, délivré après une formation dispensée par un formateur certifié, qui peut concerner 3 secteurs :

- Médical,
- Industriel et recherche,
- Installations nucléaires de base.

Et comporte deux options :

- Sources scellées et appareils électriques,
- Sources non scellées et sources scellées nécessaires à leur contrôle. Son diplôme doit être renouvelé tous les 5 ans.

- Le Comité d'hygiène et de sécurité (CHS):

Le CHS est obligatoire dans les établissements de plus de 50 personnes.

Missions :

- Détecter les risques professionnels auxquels sont exposés les salariés de l'entreprise
- Assurer l'application des textes législatifs et réglementaires concernant la sécurité et l'hygiène;
- Veiller au bon entretien et au bon usage des dispositifs de protection des salariés contre les risques professionnels
- Veiller à la protection de l'environnement à l'intérieur et aux alentours de l'entreprise
- Susciter toutes initiatives portant notamment sur les méthodes et procédés de travail, le choix du matériel, de l'appareillage et de l'outillage nécessaires et adaptés au travail
- Développer le sens de prévention des risques professionnels et de sécurité au sein de l'entreprise.

Il constitue le regard des employés sur les conditions d'hygiène au travail.

Le CHS donne son avis sur la nomination de la PCR.

Il est destinataire :

- du bilan des contrôles techniques,
- des informations relatives aux dépassements de limites et des contre-mesures prises.

- La personne spécialisée en radiophysique médicale :

Son rôle concerne la radioprotection des patients.

- Les travailleurs ou les opérateurs :

Les travailleurs ou opérateurs (ou intervenants) ont en charge leur propre radioprotection et l'application des consignes de sécurité qui les concernent. A ce titre, ils doivent en particulier recevoir une formation et/ou une information de la part des autres acteurs présentés plus haut.

d-2- Règlement intérieur :

Les règlements internes sont utilisés dans les postes de travail pour contrôler les niveaux de contamination et réduire les risques d'exposition interne. La liste ci-dessous donne quelques exemples des cas qui devraient être traités dans les procédures de travail:

- Interdiction de manger, de boire, de fumer ou d'appliquer des cosmétiques dans les zones classées.
- Maintien d'une bonne gestion des procédures.
- Utilisation des vêtements de protection du corps et des voies respiratoires.
- Contrôle régulier de la contamination du personnel et des locaux.
- Contrôle d'accès aux zones.
- Procédures d'entrée et de sortie des zones classées.
- Maintien des inventaires des sources radioactives

d-3- Formation, information des travailleurs susceptibles

d'intervenir en zone réglementée :

Formation et information sont deux démarches distinctes, toutes deux obligatoires. Elles ne s'adressent pas tout à fait aux mêmes personnes.

Une formation des travailleurs susceptibles d'intervenir en zone contrôlée ou surveillée est obligatoire et doit être renouvelée au moins tous les 3 ans (en plus de la formation professionnelle spécifique s'il y a lieu).

Elle est à la charge du chef d'établissement et est en fait assurée par la PCR, avec la participation du médecin du travail.

Elle doit aborder :

- Les risques liés aux rayonnements ionisants,
- Les règles générales de prévention,
- Les procédures de travail sous rayonnements en place dans l'établissement,
- Les précautions à prendre pour la sécurité du travailleur et celle des autres personnes présentes,
- Une sensibilisation particulière de femmes enceintes, en particulier sur l'intérêt de déclarer le plus tôt possible leurs grossesses.

L'information des travailleurs intervenant en zone contrôlée est obligatoire sous la forme d'une notice écrite traitant des risques particuliers à cette zone et au poste de travail (quelle que soit la catégorie du travailleur).

Cette information s'impose donc même aux travailleurs classés "public", s'ils doivent intervenir en zone contrôlée.

L'intérêt d'avoir une traçabilité de cette information (au moins un registre d'émargement).

La prévention implique une information continue, tant technique que médicale, des travailleurs susceptibles d'être exposés, des responsables de l'entreprise ou de l'établissement, du personnel d'encadrement, des membres du comité d'hygiène et de sécurité ou, à défaut, des délégués du personnel.

Le médecin du travail participe à cette information en liaison notamment avec la personne compétente.

✓ **Information individuelle**

L'information du travailleur par le médecin du travail porte sur les risques encourus, les mesures de contrôle techniques et médicales prises, les mesures de prévention et d'hygiène à respecter ainsi que leur signification radiobiologique.

Cette information, qui distinguera clairement les deux modes d'exposition, tiendra plus particulièrement compte du mode d'exposition de l'intéressé.

Les principes généraux de la surveillance médicale par des examens spécialisés doivent être expliqués aux travailleurs.

Ceux-ci sont également informés des résultats de ces examens ainsi que des résultats de la surveillance individuelle de l'exposition.

Avant toute exposition exceptionnelle concertée ou d'urgence, le médecin du travail participera à l'information appropriée du travailleur sur les risques et les précautions à prendre.

Enfin, une attention particulière sera portée à l'information du personnel féminin qui sera alerté sur les risques encourus par l'embryon et le fœtus du fait du dépassement des limites qui le concernent.

✓ **Information collective**

Elle implique que le médecin dispose, notamment en liaison avec la personne compétente en radioprotection, d'une bonne connaissance des sources de rayonnement détenues dans l'établissement.

Elle porte sur les modes d'exposition, les effets biologiques, la nature des risques selon le mode d'exposition et l'importance de la prévention. Compte tenu du fait que le médecin du travail a l'initiative du choix des examens complémentaires spécialisés, il lui appartient d'expliquer à tous l'intérêt de ces examens en fonction du mode d'exposition **(21) (33)**.

H- LA SURVEILLANCE MEDICALE ET DOSIMETRIQUE :

1- Surveillance médicale des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants :

Identique pour tous les personnels exposés, quelle que soit leur catégorie.

L'exploitant est tenu d'assurer la surveillance médicale des travailleurs exposés. Cette surveillance est basée sur les principes généraux

appliqués à la médecine du travail et doit tenir compte des conditions passées ou existantes d'exposition à d'autres substances chimiques toxiques ou à d'autres conditions physiques impliquant un risque potentiel (Article 34 du décret n° 2-97-30 du 28 octobre 1997).

↳ **But :**

- ✓ Déterminer l'aptitude en recherchant les contre indications éventuelles à l'exposition chronique aux rayonnements
- ✓ Prévenir et dépister toute affection susceptible d'être en relation avec cette exposition.
- ✓ Informer les travailleurs sur les risques de l'exposition aux rayonnements, avec une mention particulière, pour le personnel féminin, des risques en cas de grossesse et la nécessité de déclarer celle-ci dès qu'elle est connue afin de prendre les mesures nécessaires à une protection optimale de l'enfant.
- ✓ Etablir une carte individuelle de suivi médical dont un volet est adressé à l'organisme qui centralise la surveillance dosimétrique.

a- La visite d'embauche :

Elle s'effectue avant l'affectation au poste de travail : la visite d'aptitude initiale.

a-1- L'anamnèse :

L'anamnèse sera orientée vers les risques particuliers que peuvent faire courir à un travailleur le risque de développer des pathologies :

- Antécédents médico-chirurgicaux :
 - cherchant une atteinte d'ordre hématologique ou ophtalmologique, thyroïdienne contre indiquant le travail sous rayonnement, une pathologie pouvant entraîner une rétention des radionucléides ou facilitant leur pénétration dans l'organisme,
 - affections néoplasiques : chaque cas devra être étudié après un avis spécialisé, si nécessaire, mais un tel antécédent ne constitue pas, a priori, un motif d'inaptitude
 - éventuellement affections et/ou Notions de prise de médicament ayant un retentissement hématologique.
- Antécédents familiaux :

L'existence possible d'affections familiales héréditaires susceptibles de perturber l'interprétation des résultats devra systématiquement être recherchée
- Antécédents d'exposition professionnelle ou non professionnelle :

Le dossier médical antérieur de médecine du travail constitue, évidemment à cet égard, une source d'information essentielle :

 - Si pour une période donnée de la vie professionnelle du travailleur son exposition n'est pas connue de façon certaine, on considérera qu'il n'y a pas eu dépassement des limites pendant cette période et que l'exposition se situe au niveau des limites correspondantes.

- A noter que pour la majorité des travailleurs dont l'exposition est inférieure au dixième des limites professionnelles, la connaissance précise de l'exposition antérieure n'est pas indispensable pour prononcer l'aptitude ; si sa communication a posteriori fait apparaître une anomalie, il n'y a pas péril pour redresser la situation.
- si lors d'une validation l'exposition apparaît trop voisine des limites, rien n'empêche le médecin du travail de prononcer une aptitude sous conditions et pour une durée inférieure à six mois, impliquant dans l'intervalle un suivi médical plus rapproché.
- Indépendamment de l'exposition professionnelle, le médecin du travail tiendra compte des incorporations de radionucléides ou des expositions externes d'origine non professionnelle susceptibles d'accroître le risque ou de fausser les résultats des examens complémentaires.

a-2- L'examen clinique :

L'examen clinique est orienté en fonction du risque d'exposition et permet de déterminer les examens complémentaires à effectuer.

- S'il n'existe qu'un risque d'exposition externe, il est important de rechercher notamment des atteintes d'ordre hématologique et ophtalmologique et dermatologique.

- S'il n'existe qu'un risque d'exposition interne, seul ou associé au risque d'exposition externe, il y a lieu de rechercher des affections pouvant entraîner :
 - soit une rétention importante du ou des radionucléides au niveau des voies respiratoires
 - soit une pénétration plus importante des contaminants au niveau de la peau et des voies digestives (notamment quand il existe une solution notable de continuité)
 - soit un ralentissement de l'élimination du ou des radionucléides absorbés (affections hépatiques ou rénales) ;
 - soit des difficultés de décontamination de la peau ou des oreilles (perforations tympaniques).

a-3- Examens spécialisés complémentaires :

Ces examens sont pratiqués à la demande du médecin du travail et selon une fréquence qu'il est le seul à déterminer dans le but de rechercher et préciser une contre-indication éventuelle.

- ***Système hématopoïétique.***

L'examen hématologique, lorsqu'il est pratiqué, comporte nécessairement une numération de la formule sanguine NFS, Cet examen devra être complété, en cas d'anomalies, par toutes investigations cliniques, biologiques ou de cinétique cellulaire utiles pour définir le mécanisme et la cause de l'anomalie constatée. On devrait s'attacher aussi à préciser l'ancienneté, le caractère génétique ou acquis, la stabilité ou l'évolutivité de l'anomalie, avant décision d'aptitude : **(34)**

	Homme	Femme
Hématies :	4 à 6 millions par mm ³	3,7 à 5,5 millions par mm ³
Volume globulaire moyen	83 à 98 mm ³ (ou fl en S.I.).	83 à 98 mm ³ (ou fl en S.I.).
Hématocrite :	40 à 54 p.100	35 à 47 p. 100
Hémoglobine :	13 à 18 g/100 ml (S.I. : 8 à 11,1 mmol/l)	12 à 16 g/100 ml (S.I. : 7,4 à 9,9 mmol/l).
Leucocytes :	Nombre total : 3 500 à 11 000 par mm ³	Nombre total : 3 500 à 11 000 par mm ³
Polynucléaires neutrophiles	1 800 à 9 000 par mm ³	1 800 à 9 000 par mm ³
Plaquettes	1500000 à 400000 par mm ³	150 000 à 400 000 par mm ³ .
Lymphocytes	1 400 à 4 000 par mm ³	1 400 à 4 000 par mm ³

▪ **Appareil respiratoire :**

Cet examen doit être notamment pratiqué dans le but de dépister les sujets dont l'appareil respiratoire, par suite d'une diminution fonctionnelle de quelque origine que ce soit, risquerait de présenter une plus grande vulnérabilité à la contamination radioactive (par exemple, par fixation plus importante des poussières radioactives dans un arbre respiratoire d'élasticité amoindrie).

Il peut être utilement complété par des épreuves fonctionnelles respiratoires, notamment si le travailleur doit porter un équipement spécial de façon temporaire ou permanente (masque ou scaphandre).

Un examen radiographique du thorax, sera pratiqué avant l'affectation au travail comportant un risque d'exposition interne, seul ou associé à un risque d'exposition externe.

Dans l'ensemble, seules les affections de l'appareil respiratoire ayant un retentissement fonctionnel constituent une contre-indication au risque d'exposition interne.

Les affections pulmonaires telles qu'asthme, bronchite chronique, tuberculose, sous réserve de tenir compte des risques ou servitudes surajoutés (atmosphère confinée, travail en dépression, chaleur humide, port de masque ou de scaphandre, etc.), ne constituent pas une contre-indication formelle.

▪ ***La sphère oto-rhino-laryngologique :***

C'est le risque de contamination qui est à prendre en compte pour la sphère oto-rhino-laryngologique. Toutes les affections qui risqueraient d'entraîner soit une rétention des poussières radioactives, soit l'impossibilité d'assurer une décontamination correcte, sont à rechercher. A cet égard, les otorrhées, les perforations tympaniques et la sinusite chronique peuvent entraîner une inaptitude temporaire ou définitive.

▪ ***Œil :***

Pour l'appareil oculaire, le risque d'exposition externe s'ajoute au risque de contamination.

L'existence préalable d'une cataracte doit être recherchée lors d'une première affectation. La constatation d'une telle cataracte ne doit pas être systématiquement considérée comme une cause d'inaptitude. Les petites opacités cristalliniennes, notamment dues à l'âge, même multiples, ne constituent pas une contre-indication à l'exposition aux rayonnements ionisants.

▪ ***Téguments :***

Les altérations cutanées sont également à prendre en considération pour éviter qu'une contamination externe ne devienne interne dans la mesure où existe une solution de continuité ou lorsque l'état de la peau peut gêner une éventuelle décontamination (comme les peaux fragilisées par une affection ou une exposition antérieure).

Il y a lieu de tenir compte, notamment, du siège, de l'étendue et du caractère évolutif des lésions, celles qui siègent sur les parties découvertes impliquant une plus grande sévérité.

L'apparition de troubles cutanés imputables aux rayonnements constituerait, bien entendu, une cause d'inaptitude, au moins temporaire.

▪ ***Système nerveux :***

Il n'existe pas de contre-indications spécifiques à l'exposition aux rayonnements ionisants.

▪ **Appareil cardio-vasculaire :**

Il n'existe pas de contre-indications spécifiques à l'exposition aux rayonnements ionisants.

▪ **Appareil digestif :**

Seul le risque d'exposition interne est à considérer et pose un problème dans toutes les affections entraînant une perte de continuité notable de la barrière épithéliale (diverticulose).

▪ **Foie et reins :**

L'atteinte des fonctions de détoxification et d'excrétion hépatique ou rénale constitue une contre-indication s'il existe un risque d'exposition interne. Sa mise en évidence peut exiger le recours aux tests biologiques permettant de faire un bilan hépatique ou rénal.

▪ **Endocrinologie :**

Certaines affections thyroïdiennes peuvent constituer des contre-indications vis-à-vis des radionucléides qui se fixent de manière préférentielle sur la thyroïde (iodes, technétium) en cas d'exposition interne.

N.B : à l'issue de cette visite le médecin du travail établit une carte individuelle de suivi médical, la carte est remise à l'intéressé qui la présente à chaque visite médicale systématique pour validation, elle est valable 3 ans.

b- Les visites périodiques :

Au moins semestrielles pour les travailleurs de catégories A et B.

Les examens complémentaires ne sont pas obligatoires au cours de cette visite, ils seront demandés par le médecin du travail en cas d'anomalie clinique ou de pathologie intercurrente.

Les examens radio toxicologiques des urines sont demandés en cas de risque de contamination interne

Cette visite est consignée sur la carte individuelle de suivi médical.

c- Les visites occasionnelles :

En cas d'exposition à des doses équivalentes supérieures aux limites d'expositions externe, interne ou associée. Ceci peut se produire lors:

- D'exposition exceptionnelle sans autorisation spéciale : il s'agit du dépassement, en un an, du double des limites annuelles d'exposition, et au cours de la vie, du Quintuple de ces limites,
- D'exposition d'urgence : la limite supérieure d'exposition est fixée par le médecin du travail
- D'accident d'exposition : il s'agit du dépassement d'au moins dix fois des limites annuelles d'exposition
 - Après une absence pour cause de maladie professionnelle ou d'accident de service, un congé de maternité, une absence d'au moins 21

jours pour cause de maladie ou d'accident non professionnel, en cas d'absences répétées pour raison de santé

- à la demande de l'agent, notamment en cas de grossesse,
- après la fin de l'exposition au risque, pour les travailleurs de catégorie A (surveillance Médicale post-professionnelle).

d- Dossier individuel :

Constitue par le médecin du travail pour chaque travailleur exposé, il comporte :

- le double de la fiche d'exposition, rédigée par l'employeur, mentionnant la nature des RI aux quels est exposés le travailleur, ainsi que les autres facteurs environnementaux du poste de travail le cas échéant.
- les dates et résultats de la dosimétrie individuelle.
- les dates et résultats des examens complémentaires pratiques

Ce dossier peut être demandé par le médecin inspecteur régional du travail et il peut être communiqué au médecin traitant du patient si celui-ci le demande. Il doit être conservé 20 ans après la fin de la période d'exposition.

e- Aptitude :

Au vu des données recueillies au cours des différents examens pratiqués, qu'il s'agisse de la visite médicale à l'embauchage ou de visites médicales systématiques, le médecin du travail doit émettre un avis et

établir une fiche d'aptitude. Il faut souligner que cette aptitude ne saurait reposer uniquement sur l'exposition antérieure qui n'est qu'un des éléments à considérer. En dissociant le suivi dosimétrique et le suivi médical, on risquerait paradoxalement de faire du premier un instrument qui se retournerait contre l'intérêt des travailleurs concernés.

Il y a lieu de distinguer plusieurs cas :

- Le travailleur est apte à son poste de travail l'exposant aux rayonnements ionisants (catégories A et B), aptitude qui peut être limitée à moins de six mois ;
- Le travailleur est apte au travail l'exposant aux rayonnements ionisants sous certaines réserves : le médecin est alors fondé à proposer à l'employeur soit des modifications du poste de travail, soit d'autres postes de travail ;
- Le travailleur est inapte temporairement ou définitivement au travail l'exposant aux rayonnements ionisants : comme le cas précédent, le médecin est amené à faire des propositions. Toutes les possibilités de changement d'emploi temporaire ou définitif, doivent alors être examinées au sein de l'entreprise, notamment par la mutation dans une zone d'exposition à un niveau moindre.
- Cas particulier : à l'issue d'une visite médicale, le salarié peut être mis en observation tout en étant maintenu à son poste de travail. Peuvent être mis en observation tout en continuant leur travail, les sujets pour lesquels les motifs d'inaptitude est à la limite de ce que le médecin peut raisonnablement admettre ; la mise en

observation permet également de différer la décision relative à l'affectation aux travaux sous rayonnements ionisants et de disposer ainsi du recul nécessaire dans les cas difficiles. Si les anomalies s'accroissaient, le médecin pourrait être amené à prononcer l'inaptitude aux travaux sous rayonnements ionisants (catégories A et B). A l'inverse, si les anomalies disparaissaient, le médecin pourrait décider de la levée de la mise en observation et donc de l'aptitude aux travaux sous rayonnements ionisants **(20, 34, 11)**.

2- Surveillance dosimétrique :

Partout où le personnel risque d'être exposé à des rayonnements ionisants, les règles de sécurité du travail imposent la plus grande vigilance. La législation, très stricte exige en particulier une surveillance de l'exposition externe avec des dosimètres individuels (Loi n° 005-71 du 12 octobre 1971 et décret n° 2-97-30 du 28 octobre 1997). Cette opération détermine la dose reçue par chaque personne au cours de son activité professionnelle. Bien entendu, cette surveillance ne constitue pas une protection, par elle-même, elle vise simplement à vérifier que les conditions de sécurité demeurent assurées et permet de détecter dès l'origine toute anomalie afin d'y remédier à temps.

a- Autorité concernée :

Au sein du Centre National de Radioprotection (CNRP), le Département de la Surveillance Dosimétrique du personnel exposé aux rayonnements ionisants fournit et exploite les dosimètres individuels en service dans le milieu médical (privé et public). Le CNRP dépend du Ministère de la Santé et effectue la surveillance de l'exposition externe des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants en application du décret n° 2-97-30 du 28 octobre 1997.

b- Personnel concerné :

Normalement, seul le personnel médical et paramédical travaillant de façon habituelle en zone contrôlée, classé en catégorie A, directement affecté à des travaux sous rayonnements (DATR) est soumis à une surveillance individuelle d'exposition.

c- Objectifs de la dosimétrie individuelle :

Le suivi dosimétrique individuel a pour buts essentiels:

- de comptabiliser les quantités de rayonnements ionisants (les doses) reçues par un individu dans l'exercice d'une activité professionnelle,

- de permettre à un médecin du travail de prendre les mesures qu'il peut juger utiles, telles que les examens complémentaires ou éloignement provisoire des zones à risque,
- de permettre à l'employeur de contrôler les conditions de travail.

Le suivi dosimétrique porte sur les individus et également sur une population de travailleurs (on parle de "dosimétrie collective"). La dosimétrie individuelle aboutit donc à :

- la diffusion des doses individuelles aux responsables concernés,
- la détermination des doses collectives utilisées dans le cadre d'études épidémiologiques ou statistiques,
- la détection des doses élevées provenant d'une situation accidentelle et le déclenchement d'enquête dosimétrique,
- l'archivage des doses permettant de reconstituer le passé dosimétrique d'un individu.

d- Les types de surveillance dosimétrique :

d-1- Dosimétrie externe :

▪ ***Dosimétrie passive :***

Constitue la mesure de référence pour vérifier le respect des valeurs limites en ce qui concerne l'exposition externe. En cas de discordance entre les résultats de la dosimétrie passive et de la dosimétrie opérationnelle, le médecin du travail détermine la dose reçue en ayant recours, si nécessaire, au CNRP.

- ✓ **La dosimètre poitrine** : Il est obligatoire pour tout le personnel exposé (catégories A et B). Il se porte au niveau de la poitrine, ou en cas d'impossibilité à la ceinture, sous les protections (tablier de plomb), pendant toute la durée du travail. Il se range en fin de journée de travail dans un emplacement prévu à cet effet, placé à l'abri de toute source de rayonnement, de chaleur et d'humidité. Il est envoyé à l'organisme chargé de la dosimétrie passive (CNRP) tous les mois, voire, pour les catégories B seulement, tous les trimestres. Les résultats de mesure sont exprimés en mSv dans la grandeur opérationnelle Hp (10) pour estimer la dose efficace corps entier (en profondeur) ou Hp (0,07) pour estimer la dose équivalente à la peau (couche superficielle). Les résultats sont envoyés, sous forme individuelle et nominative, au médecin du travail qui les communique aux salariés. Les résultats sont centralisés par le CNRP

Parmi les limites de la dosimétrie passive citons :

- Les résultats sont différés
 - Le Manque de sensibilité à certains types de rayonnements, d'où la nécessité, dans certaines situations, d'employer des dosimètres complémentaires, notamment pour la dosimétrie des neutrons
 - Le Seuil d'enregistrement de la dose : 0,10 mSv
- ✓ **Les dosimètres supplémentaires** : Selon les résultats de l'évaluation des risques et les circonstances d'exposition notamment lorsque celle-ci est inhomogène, le port de dosimètres supplémentaires (poignet, main, doigt, tête, pied, abdomen, etc...) permet d'évaluer les

doses équivalentes à certains organes ou tissus et de contrôler le respect des valeurs limites réglementaires.

▪ ***Dosimétrie active dite opérationnelle ou en temps réel :***

Elle est obligatoire pour tout travailleur entrant en zone contrôlée. Elle mesure en temps réel l'exposition (débit de dose et dose cumulée durant l'opération), exprimée dans les grandeurs opérationnelles Hp (10) ou Hp (0,07). Le seuil d'enregistrement de la dose est 0,01 mSv.

Le recueil et la gestion des résultats de la dosimétrie active sont assurés par la personne compétente en radioprotection (PCR) à chaque sortie de zone contrôlée ou en fin de poste. Les résultats sont communiqués, sous leur forme nominative, par la PCR au salarié et au médecin du travail.

✓ **La dosimétrie interne :** Concerne les salariés manipulant des sources non scellées, donc soumis à un risque d'exposition interne. Cette surveillance fait l'objet de prescriptions du médecin du travail, ce dernier déterminant le type et la périodicité des analyses en fonction de la nature de l'exposition et des caractéristiques (nature, période, activité) des radioéléments.

Ces examens peuvent être demandés en urgence lors d'une contamination accidentelle. Les mesures et la restitution des résultats sont individuelles et nominatives.

Deux techniques complémentaires sont préconisées en cas de contamination interne :

- La radiotoxicologie : Les mesures radiochimiques sont réalisées sur les excréta (urines le plus souvent, selles dans certains cas). Les résultats sont exprimés en Bq/l ou Bq/j
- L'anthroporadiamétrie : Elle permet la Mesure des radionucléides incorporés en détectant, à l'extérieur de l'organisme, les rayonnements X et γ qu'ils émettent, la lecture se fait par l'obtention d'un spectre dont l'énergie des pics identifie le ou les radionucléides présents. Elle détermine, à un moment donné, de l'activité totale présente dans le corps entier, dans des organes spécifiques ou dans des blessures. Les résultats sont exprimés en Bq.

- ✓ **Le Contrôles techniques d'ambiance** : Afin de permettre l'évaluation de l'exposition externe et interne, le chef d'établissement fait procéder à des contrôles techniques d'ambiance.

Ces contrôles sont effectués par le service compétent ou la PCR ou par un organisme agréé. Si ces contrôles ne sont pas continus, ils doivent être réalisés au moins une fois par mois. Au moins une fois par an, ils sont effectués par un organisme agréé.

Ces contrôles comprennent :

- En cas de risque d'exposition externe : la mesure des débits de dose externe avec l'indication des caractéristiques des rayonnements en cause
- En cas de risque d'exposition interne : la mesure de la concentration de l'activité dans l'air et de la contamination des surfaces (telles que

sols, murs, plans de travail) avec l'indication des caractéristiques des substances radioactives présentes.

Les résultats des contrôles sont consignés dans la fiche d'entreprise, que doit établir l'employeur après avoir procédé à l'évaluation des risques dans son établissement.

	TRAVAILLEURS		FEMMES ENCEINTES	JEUNES TRAVAILLEURS 16-18 ANS
	A	B		
Dose efficace corps entier (mS v)	20	6	<1	6
Dose équivalente mains, pieds, chevilles, avant-bras (mS v)	500	150		150
Dose équivalente sur tout cm ² de peau (mS v)	500	150		150
Dose équivalente cristallin (mS v)	150	45		50

Valeurs limites réglementaires annuelles selon la législation marocaine pour les travailleurs, femmes enceintes et jeunes travailleurs (31, 21, 34, 14, 24, 33).

I- CAS PARTICULIER :

1- Grossesse et radioprotection :

Les effets tératogènes sont des anomalies ou des malformations provoquées par des agents extérieurs, sur l'embryon ou le fœtus, au cours de la grossesse. Ils déterminent des morts in utero, des affections congénitales ou des affections plus tardives, par atteinte de certaines cellules embryonnaires.

Les rayonnements ionisants sont certainement les agents tératogènes les plus étudiés et les plus connus.

a- Effets biologiques des rayonnements ionisants aux différents stades du développement :

▪ Stade préimplantatoire

On admet que de nombreuses grossesses aboutissent à des avortements spontanés très précoces, avant même d'être diagnostiquées. Les effets des rayonnements ionisants à ce stade se traduisent finalement par :

- Une augmentation de la mortalité prénatale,
- Très peu d'anomalies parmi les survivants.

Ces observations s'expliquent par le fait que l'irradiation provoque des morts de cellules totipotentes.

▪ **Stade d'organogenèse ou d'embryogenèse (10^{ème} jour à la fin du 2^{ème} mois)**

A ce stade, la grossesse est connue et l'embryon est constitué d'une mosaïque de cellules qui se différencient et évoluent rapidement. Le nombre de cellules est encore peu important. Le mécanisme des lésions, de type déterministe, repose sur la mort de quelques cellules, qui ont perdu leur caractère totipotent. Les pertes cellulaires se traduiront donc par l'arrêt de développement des organes concernés par cette perte. Aucune autre population cellulaire, engagée dans une autre voie de différenciation, ne vient en effet suppléer ce manque. Elles aboutissent à des malformations majeures qui peuvent être :

- Létales (mort prénatale, néonatale, post natale),
- Viables

On considère que cette phase est la phase critique, au cours de laquelle la tératogenèse est la plus efficace.

▪ **Période fœtale :**

La fréquence et la gravité des anomalies en fonction de la dose diminuent.

Les lésions se traduisent d'une manière générale par des anomalies de développement des tissus, avec des retards généralisés ou localisés de croissance.

Cette période, qui reste sensible comme l'ensemble de la période de gestation, l'est cependant moins que la phase précédente.

b- Effets tératogènes des rayonnements ionisants :

L'embryon et le fœtus doivent être considérés du point de vue de l'effet des rayonnements ionisants comme des individus au même titre que l'enfant né.

- Ils sont susceptibles de présenter après irradiation des effets déterministes représentés par les anomalies qui viennent d'être évoquées.
- Ils sont également susceptibles de présenter des effets stochastiques, sous la forme de cancers qui se manifestent surtout chez le jeune enfant.

Mortalité radio induite :

Elle peut se manifester par une mortalité immédiate ainsi que par une mortalité différée, néonatale ou même postnatale. Pour les données humaines :

- L'irradiation thérapeutique (de l'ordre de 5 Gy) entraîne un avortement spontané dans la majorité des cas.
- A Hiroshima et Nagasaki :
 - pour 30 femmes enceintes irradiées à une dose supérieure à 3 Gy, on relève 30% de morts in utero (43% de morts pré et périnatales),
 - Pour 68 femmes ayant subi une irradiation plus faible, 6,2% de morts pré ou périnatales.

Malformations diverses (système nerveux exclu)

Ces malformations sont très rares. Quelques cas sont décrits pour l'iris et le squelette à l'issue d'irradiations thérapeutiques maternelles de 2,5 Gy, entre la 3^{ème} et la 11^{ème} semaine de gestation.

Retards de croissance

Ces retards de croissance concernent des doses modérées ou moyennes.

A Hiroshima et Nagasaki, les enfants irradiés à plus de 1 Gy (bilan à l'âge de 17 ans) présentent :

- Taille : - 2,3 cm DS (déviation standard)
- Poids : - 3 kgDS
- Diamètre crânien : - 1 cm DS
- Retard d'ossification et de puberté.
- Pour les irradiations maternelles à 2,5 Gy, ces retards de croissance ont été observés pour une exposition avant la 20^{ème} semaine de grossesse.

Malformations du système nerveux central

Ces malformations constituent le problème essentiel de la tératogenèse radioinduite.

Le risque est maximal entre la 8^{ème} et la 16^{ème} semaine (période critique) mais il se poursuit durant toute la période embryonnaire et fœtale.

Les principales malformations sont :

- Microcéphalie : 37 microcéphalies ont été recensées après Hiroshima et Nagasaki, surtout chez des sujets irradiés dans la période critique.
- Retard mental se définit comme des incapacités à former des phrases simples, à réaliser des calculs élémentaires et comme des manques d'autonomie.

Ils peuvent être associés à une microcéphalie et des crises d'épilepsie.

Cancers infantiles

Certaines études (L'étude principale est l'étude appelée "Oxford Survey") ont suggéré que l'irradiation prénatale serait plus cancérigène que l'irradiation postnatale (de l'adulte et de l'enfant).

c- Grossesse et aptitude :

Le médecin du travail joue un rôle important auprès des femmes enceintes :

- Il informe les femmes en âge de procréer sur leurs risques professionnels et les sensibilise à la nécessité de signaler leur grossesse le plus précocement possible.
- Il est habilité à proposer à l'employeur un aménagement ou changement temporaire de poste.
- Il exerce une surveillance médicale renforcée des femmes enceintes (ainsi que dans les 6 mois qui suivent l'accouchement et pendant la

durée de l'allaitement) et les revoit en visite de reprise au retour du congé maternité. Cette surveillance concerne la salariée et ses risques professionnels et non l'état de grossesse lui même. Cependant, des liaisons peuvent être nécessaires entre le médecin du travail et le médecin traitant assurant le suivi de la grossesse, et ce par l'intermédiaire de la salariée.

Il existe des dispositions spécifiques concernant les rayonnements ionisants :

- Les salariées doivent être informées des effets potentiellement néfastes de l'exposition aux rayonnements ionisants sur l'embryon, en particulier en début de grossesse, et sur le fœtus ; cette information doit sensibiliser les femmes à déclarer leur grossesse le plus tôt possible.
- En cas de grossesse, les dispositions sont prises pour que l'exposition, dans son emploi, de la femme enceinte soit telle que l'exposition de l'enfant à naître, pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de la grossesse et le moment de l'accouchement, soit aussi faible que raisonnablement possible, et en tout état de cause en dessous de 1 mSv
- Les femmes enceintes ne peuvent être affectées à des travaux qui requièrent un classement en catégorie A.
- Les femmes allaitant ne doivent pas être affectées ou maintenues à des postes de travail comportant un risque d'exposition interne.
- Le médecin du travail conseille l'employeur quant à l'affectation des femmes enceintes, après étude de poste, en collaboration avec la personne compétente en radioprotection, et en tenant compte des résultats de la dosimétrie individuelle **(12, 33, 30)**.

2- Irradiation accidentelle :

Par irradiation accidentelle, il faut entendre une exposition subite, involontaire et de courte durée aux radiations ionisantes. Des irradiations intenses et brèves ont un effet biologique totalement différent des irradiations chroniques de faible intensité.

a- Bilan et prise en charge de la victime :

a-1- Cas de suspicion d'irradiation externe

Cette suspicion peut faire suite à :

- Une erreur de manipulation, de procédure, sans l'aide de la dosimétrie opérationnelle.
- Un résultat anormal de dosimétrie passive ou opérationnelle.

Une relation étroite entre le médecin du travail et la personne compétente en radioprotection doit être établie.

▪ Bilan clinique

À ce stade, il est impératif de réaliser un bilan clinique précoce de la victime. Dans tous les cas le traitement des urgences médico-chirurgicales prime sur l'irradiation.

L'examen clinique de la victime d'une sur-exposition, porte sur la recherche de manifestations cutanées (brûlures radiologiques), digestives

(nausées, vomissements, diarrhées...), d'altération de l'état général (asthénie, anorexie, céphalées, fièvre > 38 °C...), neurologiques (désorientation temporo-spatiale, convulsions, hypertension intracrânienne, confusion, coma...), hématologiques.

Cet examen clinique est complété par différentes explorations complémentaires :

- Numération formule sanguine et plaquettes, à la recherche
- d'une chute précoce des lymphocytes
- Bilan inflammatoire
- Bilan transfusionnel

Le bilan sanguin doit être renouvelé dans les 4 heures, selon la gravité de la situation.

Si l'on suspecte une forte exposition externe, il est prudent de demander :

- Typage HLA (20 ml sur citrate + 40 ml sur edta)
- Dosimétrie biologique cytogénétique réalisée par le CNRP (3 tubes de 5 ml sur héparine) à la recherche d'aberrations chromosomiques radio induites dans les lymphocytes du sang périphérique est la référence actuelle pour l'estimation d'une dose moyenne reçue par la personne en cas d'exposition globale aiguë.

L'hospitalisation se justifie pour une exposition externe évaluée à plus de 1 Gy en dose efficace.

Le traitement sera alors, une simple surveillance un traitement curatif ou palliatif selon l'importance de l'exposition et la précocité d'apparition des signes cliniques.

▪ **Bilan dosimétrique**

Il repose sur les éléments suivants :

- Première estimation parfois possible à partir des données du bilan sanitaire (signes cliniques et/ou biologiques)
- Résultats de la dosimétrie biologique cytogénétique si elle est pratiquée (seuil de sensibilité de 0,1 Gy)
- Résultats de la dosimétrie opérationnelle si elle existe
- Lecture en urgence du dosimètre passif
- L'interrogatoire sur les circonstances de l'accident et l'étude ergonomique du poste de travail
- Possible reconstitution de la dose par calcul à partir des données relatives à la source, à la position de la victime et à l'environnement de travail ou par des techniques expérimentales à l'aide d'un mannequin anthropomorphe doté de dosimètres en surface et en profondeur.

a-2- Suspicion de contamination externe ou interne

Les protocoles en cas d'incidents de contamination reposent sur une relation étroite entre le médecin du travail et la PCR afin d'éviter qu'une contamination externe cutanée se transforme en exposition interne. La prise en charge de l'exposition interne doit être le plus précoce possible. Dans tous les cas le traitement des urgences médico-chirurgicales prime sur la contamination.

▪ **Conduite à tenir en cas de contamination externe (cutanée ou vestimentaire)**

- ✓ Contrôler la réalité de la contamination externe vestimentaire ou cutanée
- ✓ Effectuer un déshabillage prudent
- ✓ Contrôler à nouveau la réalité de la contamination cutanée
- ✓ Laver soigneusement à l'eau savonneuse (décontamination cutanée)
- ✓ Renouveler les opérations de lavage jusqu'à disparition de toute contamination
- ✓ Recueillir les urines de 24 heures pour examen radiotoxicologique (à faire sur 3 jours)
- ✓ Réaliser une anthroporadiométrie si appareillage à disposition
- ✓ enquêter sur les circonstances d'exposition individuelle ou collective
- ✓ Effectuer un contrôle radiologique de l'environnement de travail.

Un traitement adapté sera mis en œuvre selon la voie d'exposition et le radionucléide en cause. Selon la durée de contamination cutanée et le radionucléide présent, une évaluation de la dose à la peau doit être envisagée.

▪ **Conduite à tenir en cas de contamination interne**

- ✓ Vérifier l'absence de contamination cutanée
- ✓ Recueillir les urines de 24 heures pour examen radiotoxicologique (à faire sur 3 jours)

- ✓ Réaliser une anthroporadiométrie si appareillage à disposition
- ✓ Enquêter sur les circonstances d'exposition individuelle ou collective
- ✓ Effectuer un contrôle radiologique de l'environnement de travail.

Un traitement adapté sera mis en œuvre selon la voie d'exposition et le radionucléide en cause. Une évaluation de la dosimétrie interne sera effectuée. On prescrira de l'iode stable précocement après l'exposition interne si l'évaluation de la dose absorbée à la thyroïde dépasse 50msv.

b- Rôles respectifs des acteurs de la radioprotection
en cas d'irradiation accidentelle :

▪ **Rôle et obligations du chef d'entreprise/PCR**

L'employeur doit aménager ses installations et prendre toutes dispositions utiles pour que, en cas d'accident, notamment :

- ✓ Le personnel puisse être rapidement évacué des locaux de travail
- ✓ Les travailleurs exposés puissent recevoir des soins appropriés dans les plus brefs délais
- ✓ Les dosimètres des travailleurs exposés soient envoyés en urgence à l'organisme chargé de la dosimétrie passive
- ✓ Soient mis en œuvre les contrôles permettant de prévenir un risque de contamination.
- ✓ Le CHS soit informé de l'accident
- ✓ La procédure de déclaration d'accident de travail soit respectée

- ✓ Les causes de l'accident soient analysées et les mesures de prévention mises en œuvre pour éviter son renouvellement.

Dans les établissements où sont implantés une ou des INB (Industrie Nucléaire de base), l'employeur doit mettre en place une équipe de sécurité dotée de matériel spécifique et chargée de mettre en œuvre les mesures de prévention et d'intervention en cas d'accident.

Si le dépassement résulte de conditions de travail non prévues, la personne compétente en radioprotection (PCR), sous la responsabilité du chef d'entreprise, prend les mesures pour :

- Faire cesser dans les plus brefs délais les causes du dépassement (par la suspension du travail en cause si nécessaire)
- Procéder ou faire procéder dans les 48 heures par le CNRP à l'étude des circonstances dans lesquelles s'est produit le dépassement
- Faire procéder à l'évaluation des doses équivalentes reçues par les travailleurs et leur répartition dans l'organisme ; Le CNRP peut aider à l'évaluation des doses reçues
- Étudier ou faire étudier par Le CNRP les mesures à prendre pour remédier à toute défectuosité et prévenir un éventuel renouvellement
- Procéder ou faire procéder par le CNRP à un contrôle technique en radioprotection des postes de travail (source et ambiances).

En cas de dépassement de limites de doses, l'employeur devra informer l'inspection du travail et le CHS ou à défaut les délégués du personnel.

▪ **Rôle des représentants du personnel (CHS-DP)**

Les représentants du personnel (CHS ou à défaut le DP) doivent être informés par l'employeur des situations de dépassement des valeurs limites d'exposition, des causes présumées de ce dépassement et des mesures de prévention prises pour y remédier. Le CHS procède à sa propre enquête.

▪ **Rôle du médecin du travail**

Le médecin du travail est informé immédiatement de tout dépassement de doses. Il prend alors toute disposition qu'il juge utile. Il établit un bilan dosimétrique et clinique de la personne. Il peut être amené à donner des soins d'urgence si nécessaire. Toute exposition ultérieure requiert son avis. Dans tous les cas, pendant la période où la dose reçue demeure supérieure aux valeurs limites, le travailleur ne peut être affecté à des travaux l'exposant aux rayonnements ionisants, sauf en cas d'urgence radiologique (18, 26, 21, 34).

Les mesures de protection



c- La réparation :

Les expositions aux rayonnements ionisants (RI) peuvent relever de l'accident du travail ou de la maladie professionnelle : n° 6

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des travaux
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation aiguë	30ans	Tous travaux exposant à l'action des rayons x ou des substances radioactives naturelles ou artificielles ou à toute autre source d'émission corpusculaire, notamment : Extraction et traitement des minerais radioactifs ; Préparation des substances radioactives Préparations de produits chimiques et pharmaceutiques radioactifs Préparation et application de produits luminescents Radifères Recherches ou mesures sur les substances radioactives et les rayons x dans les laboratoires Fabrication d'appareils pour radiothérapie et d'appareils à rayons x Travaux exposant les travailleurs aux rayonnements dans les hôpitaux, les sanatoriums, les cliniques, les dispensaires, les cabinets médicaux, les cabinets dentaires et radiologiques, dans les maisons de santé et les centres anticancéreux ;Travaux dans toutes les industries ou commerces utilisant les rayons x, les substances ou dispositifs émettant les rayonnements indiqués ci-dessus.
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation chronique	1an	
Blépharite ou conjonctivite	7J	
Kératite	1an	
Cataracte	10ans	
Radiodermite s aiguës	60jours	
Radiodermites chroniques	10ans	
Radioépithélites aiguës des Muqueuses	60jours	
Radiolésions chroniques des muqueuses	5ans	
Radio nécrose osseuse Leucémies	30ans	
Cancer bronchopulmonaire primitif par inhalation	30ans	
Sarcome osseux	50ans	

3- Gestion des déchets radioactifs :

Les radioéléments utilisés dans les laboratoires et les hôpitaux, font l'objet d'une surveillance particulière tant en ce qui concerne leur utilisation, que pour les déchets qu'ils génèrent. L'objectif de la gestion des déchets radioactifs est de préserver l'homme et son environnement des effets nocifs de ces produits.

Ainsi, à chaque étape de leur utilisation, un suivi de ces produits et des déchets induits doit être effectué de manière rigoureuse, et leur nocivité potentielle prise en compte. Cette démarche permet de protéger l'homme d'aujourd'hui et les générations futures.

a- Réglementation :

Dans les hôpitaux et les laboratoires, l'utilisation de radioéléments fait l'objet d'une réglementation. Elle se traduit tout d'abord par l'obligation d'obtenir une autorisation de détention et d'utilisation de sources radioactives auprès du Ministère de la Santé (Centre National de Radioprotection: CNRP), à partir d'un dossier contenant des informations précises et complètes. Par ailleurs, l'utilisation des sources est placée sous le contrôle d'un agent spécialement formé à la radioprotection, appelé "Personne Compétente"

Le CNRP est chargé de vérifier techniquement les installations et équipements utilisant des sources, afin de garantir la sécurité du personnel et de contrôler les pollutions éventuelles causées par ces matières radioactives. La réglementation en vigueur montre l'importance que les

pouvoirs publics attachent aux conditions d'utilisation de ces produits (décret n° 2-97-132 du 28 octobre 1997. Annexe relative aux procédés d'évacuation et au stockage des effluents et des déchets radioactifs).

b- Traitement des déchets et limites de rejet dans le milieu :

b-1- Traitement des déchets radioactifs hospitaliers :

- **Les déchets radioactifs sont triés** en fonction de leur état physique (solides ou liquides), de leur groupe de radiotoxicité et de leur période.
- **Les déchets à vie courte** (période de décroissance radioactive ≤ 61 jours) et de faible activité spécifique sont gérés par décroissance: il suffit de les entreposer pendant un temps suffisant (en général, 10 fois la période la plus longue) pour que l'activité devienne équivalente à celle du milieu naturel. Passé ce délai, et après autorisation du CNRP, ils peuvent suivre la filière de traitement des déchets des hôpitaux et des laboratoires.
- **Les déchets à vie longue** sont préalablement entreposés dans un lieu adéquat en attendant leur renvoi au fournisseur ou leur prise en charge par le CNESTEN (Centre National de l'Energie des Sciences et des Techniques Nucléaires).

b-2- Radiotoxicité des principaux radioéléments utilisés en médecine :

Radioélément	Période: T	Radiotoxicité
Technétium 99m	6h	Faible
Thallium 201	3j	Faible
Iode 131	8j	Forte
Iode 125	60j	Forte
Iridium 192	73,83j	Modérée
Cobalt 57	271,8j	Modérée
Cobalt 60	5,27 ans	Forte
Césium 137	30,1 ans	Modérée

b-3- Limites autorisées pour le rejet des déchets radioactifs :

Le rejet des déchets se fait dans le respect des limites autorisées:

- Pour les liquides: activité volumique $\leq 7\text{Bq/l}$ une fois dilués dans l'ensemble des eaux usées de l'établissement.
- Pour les gaz: activité volumique $\leq 4\text{ Bq/m}^3$

c- Effluents liquides radioactifs des unités de médecine nucléaire :

Au Maroc, Le décret n° 2-97-132 impose la collecte et le stockage dans des cuves-tampons des effluents radioactifs produits par les services de médecine nucléaire afin d'obtenir une décroissance radioactive suffisante avant leur rejet dans le milieu. Dans la pratique, les dispositions à retenir

pour l'assainissement radioactif de ces effluents varient suivant leur nature et leur origine.

Une unité de médecine nucléaire peut rejeter des effluents radioactifs pouvant provenir:

- des laboratoires de préparation et de manipulation des radioéléments en sources non scellées des sanitaires de l'unité
- des chambres protégées réservées à l'hospitalisation des patients faisant l'objet d'une thérapie anticancéreuse.

c-1- Effluents provenant des laboratoires de préparation et de manipulation

Ces laboratoires sont amenés à rejeter des effluents liquides radioactifs ou susceptibles de l'être lors des différentes opérations de préparation et de manipulation des radioéléments à partir des solutions mères.

En outre, du fait de la présence de ces solutions mères, des rejets accidentels d'effluents ayant une forte activité volumique ne peuvent être exclus.

Ces effluents doivent donc être obligatoirement dirigés, à partir d'un nombre restreint de points d'évacuation réservés uniquement à cet effet et signalés en conséquence, dans un ensemble de 2 cuves-tampons fonctionnant alternativement en remplissage et en stockage de décroissance. La vidange d'une cuve ne doit intervenir qu'après vérification de l'activité volumique des effluents qu'elle contient. Ces cuves doivent être

installées dans un local indépendant et fermant à clé et doivent répondre aux caractéristiques suivantes:

- constituées en matériel facilement décontaminable (béton à proscrire)
- situées au dessus d'un cuvelage de sécurité permettant la rétention de liquide en cas de fuite.
- équipées de vannes de contrôle (conformes aux pressions des cuves et demeurant fermées jusqu'à la décroissance des effluents radioactifs liquides à un niveau permettant le rejet), d'un trou d'aération équipé de filtre à charbon actif, d'un système de brassage (agitateur), d'un dispositif de prélèvement en position haute et d'un indicateur de niveau avec un renvoi dans l'unité de médecine nucléaire.

c-2- Effluents provenant des sanitaires de l'unité :

Les effluents provenant des toilettes des malades injectés pour un examen, ou ayant reçu une faible dose thérapeutique (moins de 20 mCi), doivent être évacués dans une fosse septique.

c-3- Effluents provenant des chambres protégées :

Les effluents provenant des chambres protégées d'irradiation doivent être collectés dans des cuves tampons, ces dernières doivent être distinctes de celles affectées aux effluents des laboratoires.

Afin d'éviter les risques d'obstruction des canalisations et des cuves, il convient :

- soit d'utiliser des sanitaires séparant les matières solides des liquides tel que les liquides soient dirigés vers les cuves et les solides soient d'effets dirigés vers la fosse septique.
- soit de prévoir des systèmes permettant le transit des matières solides dans les cuves destinées à cette fin **(33)**.

J- LE MANAGEMENT DE LA RADIOPROTECTION :

La gestion des risques liés à la radioactivité est fondée sur la reconnaissance de l'hypothèse d'absence de seuil : toute exposition, aussi faible soit-elle, peut entraîner des risques pour la santé (survenue de cancer notamment). Ainsi, des compromis doivent être trouvés entre le risque d'exposition et sa justification, aussi bien en termes techniques que socio-économiques.

La radioprotection nécessite la mise en œuvre de différentes mesures administratives, organisationnelles, techniques, métrologiques et médicales qui portent sur l'organisation du travail, les conditions de travail, l'évaluation de l'exposition, l'information, la formation, et la surveillance médicale.

Elle est encadrée par une réglementation stricte établie pour la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants : protection des travailleurs, protection du public et de l'environnement, protection des patients, protection des personnels des unités d'intervention d'urgence.

Des valeurs limites d'exposition aux rayonnements ionisants ont été fixées par la réglementation. En cas d'exposition à des radiations, le respect de ces valeurs permet d'éviter l'apparition d'effets déterministes et de réduire l'apparition des effets aléatoires tels que le cancer.

La prévention des risques liés aux rayonnements ionisants repose sur une évaluation à priori et à posteriori des risques :

1- Les actions de prévention et évaluation a priori :

Des mesures techniques de protection collective doivent être mises en place en priorité tels que le confinement des matières radioactives (afin d'éviter toute dispersion dans les locaux de travail et dans l'environnement) à toutes les phases possibles (transport, manipulation, utilisation) et rendre impossible le risque d'exposition par contact ou incorporation interne par l'installation d'enceintes confinées par exemple, l'assainissement et le traitement de l'atmosphère des locaux de travail, et la limitation de l'exposition aux rayonnements ionisants provenant de sources radioactives (matières, émission commandée) par l'utilisation de collimateurs ou d'écrans, travail à distance, interventions de durée limitée, délimitation de zones, organisation du travail de façon à réduire les doses le plus possible ou à empêcher toute exposition directe.

En complément, ils peuvent être proposés des équipements de protection individuelle afin de limiter les risques de contamination (masque respiratoire, gants, surbottes, tenue ventilée...), et les risques d'exposition externe (tabliers plomb ou équivalent plomb, cache-thyroïde, lunettes...).

Ces mesures techniques doivent être accompagnées de mesures organisationnelles comme :

- Désignation d'une personne compétente
- Respect des limites réglementaires
- Information, formation et classement du personnel
- Définition et signalisation de zones de travail : dites zones contrôlées ou zones surveillées
- Signalisation des sources
- Suivi dosimétrique individuel pour les travailleurs appelés à intervenir en milieu ionisant, fondé sur la dosimétrie passive (différée) et, le cas échéant, opérationnelle (en temps réel)
- Surveillance médicale des personnes potentiellement exposées et contrôle des expositions par dosimétrie externe et interne
- Contrôle d'ambiance, des sources, des dispositifs de protection et d'alarme ainsi que des appareils de mesure
- Maîtrise des rejets dans l'environnement
- Traçabilité complète des matières radioactives et traitement des déchets

Cas particulier du radon présent dans l'air des locaux de travail

De nombreuses entreprises sont exposées au radon en raison de leur lieu d'implantation géographique. Il s'agit d'un gaz naturel inerte et radioactif, dépourvu d'odeur, de couleur ou de goût. Il est issu de la désintégration radioactive naturelle de l'uranium présent dans les

roches et dans les sols. On peut également trouver du radon dans l'eau.

Dans les entreprises concernées, l'employeur doit mesurer l'activité « radon ». Si l'activité volumique moyenne annuelle de radon dépasse 400 Becquerels/m³ (Bq/m³), il doit mettre en œuvre les actions nécessaires pour réduire l'exposition au radon :

Dans les cas les plus simples, le fait de ventiler naturellement et régulièrement les locaux suffit le plus souvent à prévenir les risques d'exposition importante au radon.

Dans les cas les plus complexes, des solutions complètes devront être étudiées et mises en œuvre : revêtements spécifiques pour réaliser l'étanchéité du sol, ventilation double flux. Il peut être parfois nécessaire de limiter le temps de présence au poste de travail concerné.

Si l'activité volumique moyenne annuelle de radon dépasse 1 000 Becquerels/m³ (Bq/m³), l'employeur est soumis aux dispositions réglementaires concernant la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants.

2- Suivi des actions de prévention et évaluation a posteriori :

Ce suivi repose sur :

- les résultats des contrôles techniques des installations et des sources,
- les données concernant le travail réel (à distinguer du travail prévu),
- l'appréciation des résultats dosimétriques individuels.

Il aboutit, soit à une meilleure connaissance de l'exposition, soit à d'éventuelles actions destinées à corriger les dérives dans les pratiques, soit à un renforcement des mesures de prévention.

L'évaluation à posteriori prend en compte les données résultant de l'analyse d'incidents ou d'accidents afin de faire évoluer les mesures de prévention.

Parmi les méthodes utilisées pour l'évaluation à posteriori des risques on cite l'arbre des causes d'un accident de travail qui consiste à établir les faits et remonter à l'origine de l'accident, les accidents résultent rarement d'une cause unique. Ils sont plus généralement la conséquence d'une combinaison de facteurs. Utiliser la méthode de l'arbre des causes permet d'analyser un accident particulier à posteriori. Il s'agit d'identifier et de remonter les causes de l'accident du travail ou de l'incident jusqu'à trouver son origine, afin de mettre en place des mesures permettant d'éviter que l'événement ne se reproduise.

La méthode de l'arbre des causes est une méthode qui examine tous les aspects techniques, organisationnels et humains. Elle est utilisée pour étudier tout événement indésirable à posteriori : incident, accident du travail, défaillance d'un processus... L'évènement a donc eu lieu et on recherche ses causes afin que cela ne se reproduise plus.

IV- MATERIEL ET METHODES

Le kit d'autoformation en radioprotection destinés aux médecins du travail est un outil pédagogique qui permet aux médecins du travail de s'auto-former en autonomie en matière de la radioprotection. Il vise à définir les bonnes pratiques de la radioprotection et à améliorer la qualité des soins. Il peut être utilisé comme un référentiel d'information à destination à des professionnels ou des usagers du système de soins.

Pour concevoir ce kit, nous avons respecté les étapes suivantes :

- **La recherche documentaire et l'analyse de l'existant :**

à ce stade nous avons procédé à une Revue de la littérature disponible sur le thème à traiter, nous avons effectué une recherche multi sources et une analyse des bibliographies traités par les auteurs spécialistes en radioprotection, cette recherche est nécessaire pour l'élaboration de ce kit. Les informations ainsi obtenues sont ensuite sélectionnées en fonction de leurs pertinence et surtout classées par thèmes (cf les bases scientifiques).

- **L'élaboration de la trame pédagogique :**

C'est un enjeu majeur. En effet toute la conception des outils pédagogiques est liées à l'élaboration de cette trame pédagogique, appelée également « conducteur ». Il s'agit dans cette partie de réfléchir et de formaliser le déroulé pédagogique le plus approprié compte tenu de la population à former et des objectifs généraux de formation.

Pour déterminer les objectifs pédagogiques, il faut lister les étapes nécessaires pour atteindre l'objectif général de formation en se posant la question « que faut-il apprendre pour atteindre cet objectif général ? »

En effet, notre kit expose les connaissances relatives à cinq thèmes dont l'enchaînement logique constitue le fil conducteur de référence :

La source de rayonnement ionisant

Entraine une exposition

Dont découlent l'absorption et la dose reçue

qui induit des effets biologiques

Qui imposent de mesures de protection

- **La réalisation du support pédagogique :**

A ce stade, nous avons matérialisé ce qui a été prévu dans la trame pédagogique. Nous avons inclus les informations dans un CD Rom qui constitue un contenu fermé. L'apprenant est captif du programme, il ne s'en évade pas, à cause des éventuelles navigations hasardeuses sur internet, c'est la garantie d'une stabilité du savoir (pas de panne de réseau ou de serveur). Le support informatique permet de concevoir des contenus lourds. Pour développer le CD Rom, l'informaticien a utilisé les logiciels Web page maker et le swish 00.

- **La validation du kit :**
 - ✓ Premier temps, avec les professionnels qui valident le contenu du kit
 - ✓ Deuxième temps, lors de la phase de validation du kit, on a observé :
 - La fidélité par rapport à l'objectif pédagogique
 - Les flous engendrant des discussions inutiles par rapport à l'objectif général
 - Les erreurs de style engendrant des ambiguïtés

V- RESULTATS

Le kit « Radioprotection » est un outil pédagogique qui recouvre plusieurs aspects de la radioprotection pour répondre aux besoins des médecins du travail.

Pour accroître sa lisibilité et permettre aux médecins du travail une meilleure utilisation, ce kit se présente sous forme d'un CD ROM interactif en logiciel flash dans le quel vous pouvez naviguer avec votre souris ou les flèches de votre clavier.

Huit chapitres composent ce kit, il expose les connaissances relatives à cinq thèmes principaux dont l'enchaînement logique constitue le fil conducteur de référence :

- la source des rayonnements ionisants
- entraîne une exposition
- dont découle l'absorption et la dose reçue
- dose qui induit des effets biologiques qui imposent des règles de protection



Kit d'autoformation en Radioprotection (destiné aux Médecins du Travail)

Le Kit d'autoformation « radioprotection », est un support pédagogique, conçu pour aider les médecins du travail à acquérir, en autonomie, les connaissances indispensables à la mise en place et au développement du suivi des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

Il aborde les principaux sujets d'ordre administratif, technique, médical et environnemental dans un contexte réglementaire en cours d'évolution.

Il expose les connaissances relatives à cinq thèmes dont l'enchaînement logique constitue le fil conducteur de référence :

La source de rayonnement ionisant
entraîne une exposition
dont découlent l'absorption et la dose reçue
qui induit des effets biologiques
qui imposent de mesures de protection

Cet outil multimédia a pour objectif d'apporter une aide à la formation en radioprotection

- Radioactivité +
- Exposition +
- Absorption +
- Effets +
- Radioprotection +
- Conduite à tenir +
- Allez plus loin +

1- Radioactivité :

Dans ce chapitre, nous avons rappelé les éléments fondamentales de la radioactivité.

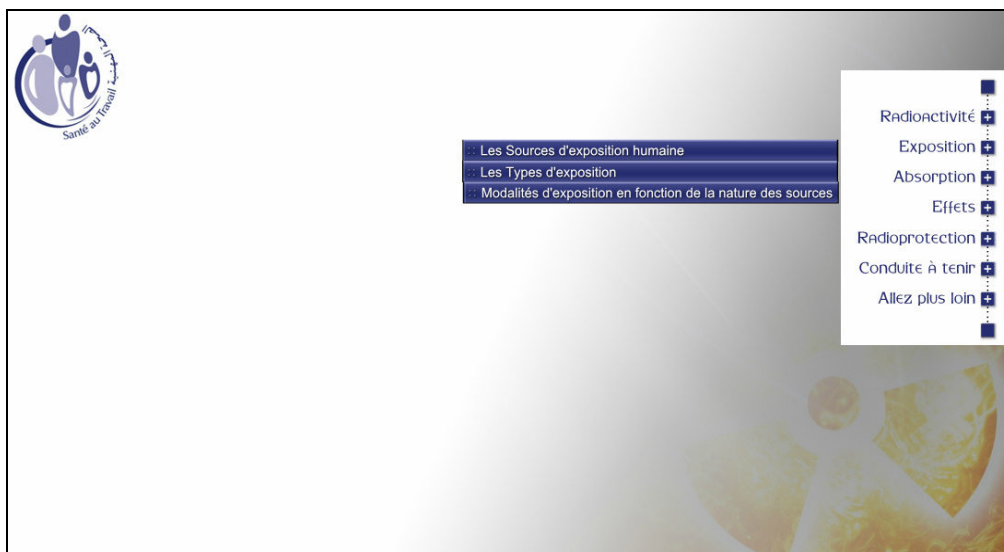


- Matière
- Élément
- Atome
- Noyau
- Relation entre nombre de neutrons et de protons
- Radioactivité
- Types de Rayonnements

- Radioactivité +
- Exposition +
- Absorption +
- Effets +
- Radioprotection +
- Conduite à tenir +
- Allez plus loin +

2- Exposition :

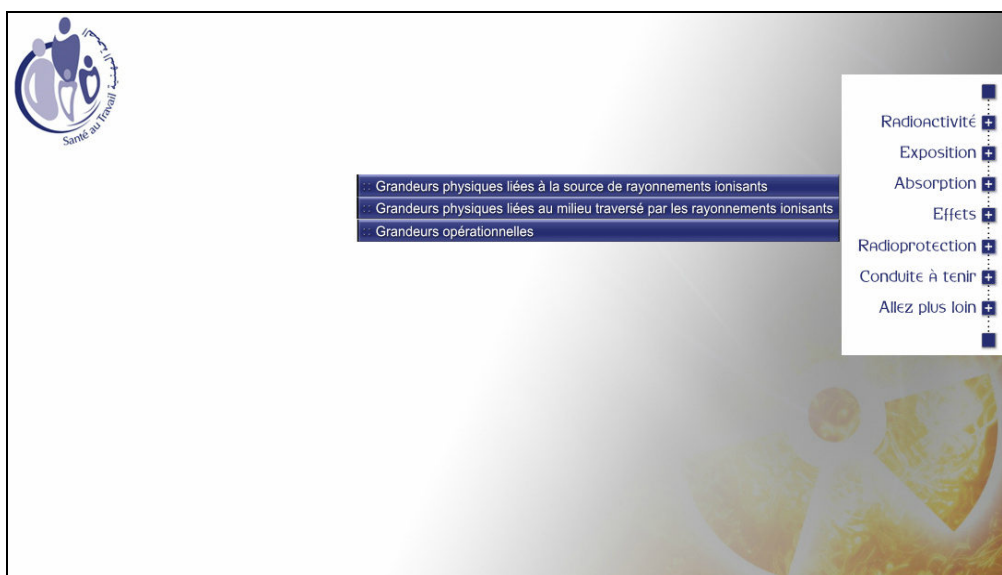
Dans ce chapitre, vous apprendrez à connaître les différents types d'exposition ainsi que les différents types de sources et leur présentation. Rappelons que tous les êtres humains sont exposés aux rayonnements ionisants provenant de sources naturelles et artificielles. Les expositions professionnelles sont, également, rappelées dans cette partie.



3- L'absorption :

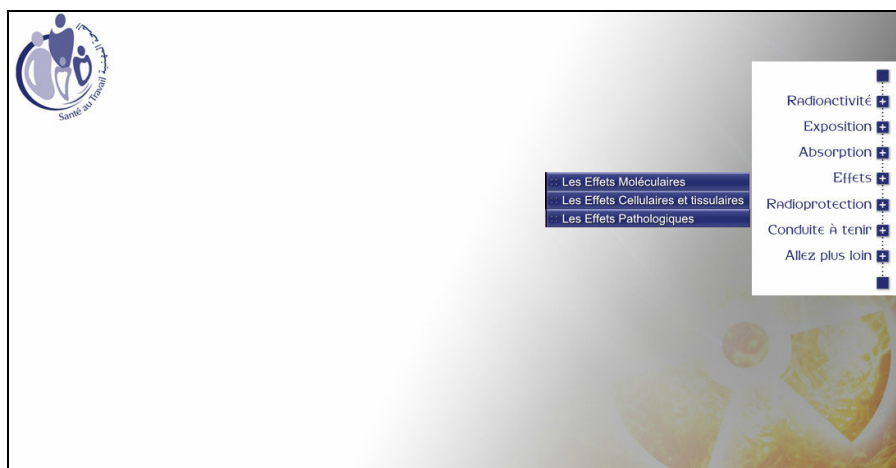
La dosimétrie individuelle implique la mesure de la quantité de dose de rayonnement reçu par une personne. La dosimétrie est basée sur la compréhension des mécanismes par lesquels les différents rayonnements ionisants transfèrent leur énergie à la matière avec laquelle ils interagissent et les effets de ce transfert sur le milieu. En radioprotection, en particulier,

c'est la quantité d'énergie déposée dans les tissus humains et l'effet qu'elle peut avoir sur le corps humain qui est d'importance. Dans ce chapitre, vous apprendrez comment les grandeurs dosimétriques opérationnelles peuvent être mesurées, ainsi que les différentes unités utilisées en radioprotection.



4- Les effets :

En tant qu'agent de radioprotection, la connaissance des conséquences de l'exposition aux rayonnements ionisants doit être acquise et connaître pourquoi les techniques de radioprotection doivent être mise en place. Ce chapitre vous expliquera comment les rayonnements ionisants réagissent sur le corps humain, au fil de cette partie, des discussions sur les effets des rayonnements ionisants sur la cellule, les tissus puis sur le corps entier seront exposées.



5- Radioprotection :

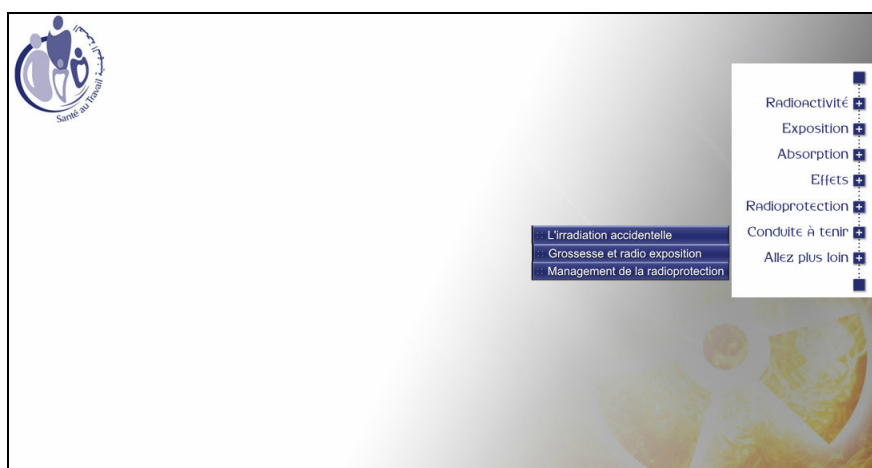
Ce chapitre commence par un rappel sur les principes de la radioprotection car il est indispensable de savoir comment sont bâties les réglementations qui protégeront les travailleurs dans leur vie professionnelle. La deuxième partie aborde les mesures de radioprotection tout en suivant scrupuleusement les recommandations du législateur. Concernant la réglementation, nous sommes restés bien évidemment fidèles aux textes réglementaires marocains.

Les moyens de protection contre l'exposition externe et interne, les modalités techniques, médicales et administratives seront également détaillés, comment appliquer ces méthodes de protection contre les différents types de rayonnements émis par les sources scellées et les générateurs de rayonnements dans les différents secteurs d'application(médical et industriel),sont rappelées dans cette partie.



6- Conduite à tenir :

Ce chapitre donne des conduites à tenir en cas d'une irradiation accidentelle, il aborde la question d'aptitude chez la femme enceinte, exposée aux rayonnements ionisants, en fin il détaille la gestion des risques liés aux rayonnements ionisants au sein de l'entreprise, parce que toute exposition, aussi faible soit-elle, peut entraîner des risques pour la santé, d'où la nécessité d'une évaluation à priori et à posteriori des risques professionnels.



7- Allez plus loin :

Ce placé est dédié au revue bibliographique, qui détaille les notions fondamentales de la radioprotection, les différentes mesures de protection dans les différents milieux du travail (médical et industriel) sont également rappelées dans cette partie. Cela permettra au médecin du travail d'approfondir leurs connaissances.



The screenshot shows a web application interface. At the top left is a logo for 'Santé au Travail' featuring stylized human figures. The title 'Allez plus loin' is prominently displayed. A vertical navigation menu on the right lists several topics, each with a plus sign icon. The main content area contains two columns of blue buttons, each with a plus sign icon, representing a list of topics available for exploration.

Allez plus loin

Navigation menu (right):

- Radioactivité
- Exposition
- Absorption
- Effets
- Radioprotection
- Conduite à tenir
- Allez plus loin

Main content area (left and center):

- La législation marocaine
- Irradiation accidentelle
- Les acteurs de la radioprotection dans l'établissement
- Structure de la Matière
- Bases Mathématiques
- Rayonnements Ionisants et Décroissance Radioactive
- Interaction des Rayonnements avec la Matière
- Détection des rayonnements
- Effects Biologiques de Rayonnements Ionisants
- Utilisation des Instruments de contrôle des Radiations
- Dosimétrie Individuelle
- Techniques de Radiographie Industrielle
- Principe de radioprotection
- Protection Contre l'Exposition Externe
- Protection contre le risque radiologique d'exposition interne
- Rayonnements Ionisants - Législation et Réglementation
- Transport et Entreposage de MR
- Evaluation de sûreté
- Manipulation Sécurisée des Déchets Radioactifs
- Planification de l'Intervention d'Urgence
- Utilisation en Sécurité des Jauges Nucléaires
- Utilisation sûre des Radiotraceurs
- Radioprotection en Radiodiagnostic
- Radioprotection en Médecine Nucléaire
- Radioprotection en Radiothérapie

VI- DISCUSSION

L'utilisation des rayonnements ionisants a pris de l'importance dans notre société, que ce soit dans le domaine de l'énergie nucléaire, des applications industrielles ou de recherches, en diagnostic ou en thérapie médicale.

Or, s'il est un domaine qui est fréquemment perçu de manière peu rationnelle ou même passionnelle auprès des "non initiés", c'est bien celui qui touche à la radioactivité. Ainsi, est-on bien souvent tenté d'assimiler les risques de manipulation de sources de rayonnements ionisants utilisées dans les laboratoires de recherche universitaires, aux réacteurs nucléaires, voire aux armes nucléaires. Les rayonnements ionisants n'échappent pas, en toute logique. On sait en effet qu'au dessus d'un certain seuil une irradiation aiguë est rapidement mortelle. Ils peuvent donc être dangereux si on s'y expose inconsidérément.

Le but de ce kit d'autoformation en radioprotection destiné aux médecins du travail, est d'une part de contribuer à la démystification de la radioactivité et des rayonnements ionisants et d'autre part d'informer et de sensibiliser les médecins du travail sur l'importance du suivi médical et dosimétrique des travailleurs exposés à des dangers qu'ils courent dans le cadre de leur profession tout en leur donnant les moyens de s'en préserver.

En effet, la conception des outils pédagogiques rassemblés dans un kit d'autoformation est ainsi devenue un réel enjeu : il s'agit de créer les meilleurs conditions pour assurer des apprentissages faciles, ludiques et efficaces, Cependant la conception d'un kit est une tâche longue et onéreuse, il est donc préférable de l'envisager si l'on a une population importante à former, comme les médecins du travail.

Les deux raisons principales qui justifient la conception de ce kit sont :

- La situation actuelle de formation en radioprotection au Maroc :
la formation en radioprotection est insuffisante
- le besoin de formation en radioprotection exprimé par les
médecins du travail marocains

Au Maroc, différents établissements sont impliqués dans la formation en matière de la radioprotection comme Le centre national de la radioprotection (CNRP), mais aussi le centre national de l'énergie, des sciences et des techniques Nucléaires (CNESTEN), la médecine du travail, et l'Institut de Formation aux carrières de Santé (IFCS).

La sécurité et les conditions de travail dans une entreprise sont devenues, avec la prise de conscience face aux risques, un domaine incontournable. Chaque activité, de toute nature que ce soit, engendre des risques plus ou moins prononcés pour l'homme, ou son environnement. Afin de réduire au minimum l'occurrence de ces risques (et donc diminuer les conséquences qui en découlent), et vu qu'aucun centre cité ci-dessus ne dispose d'une formation spécifique aux médecins du travail marocains, il est apparu important, de réaliser ce kit sur la radioprotection à destination des médecins du travail, afin de les aider à s'approprier plus facilement l'information pour promouvoir la santé et la sécurité des travailleurs dans leurs milieux du travail, et quel que soit le domaine d'application, il faut souligner le rôle primordial de la culture de la radioprotection qui constitue un des éléments fondamentaux pour diffuser les connaissances nécessaires à la mise en œuvre de l'optimisation et développer une prise en charge responsable de la radioprotection par les différents acteurs. Le besoin en

personnel formé, qualifié et compétent dans tous les domaines médicaux et industriels revêt donc une importance accrue.

Parmi les principaux acteurs de la radioprotection, on cite le médecin du travail qui joue plusieurs rôles dans la radioprotection au sein de l'entreprise :

- il établit et met à jour la fiche d'entreprise qui liste les risques professionnels et le nombre de salariés exposés.
- Il joue un rôle de clinicien en exécutant les visites médicales d'embauches, systématique annuelle ou de reprise.
- Il collabore à l'action de la personne compétente en radioprotection notamment dans la surveillance dosimétrique, la réalisation des études de poste et dans l'information et la formation des travailleurs exposés.
- Il émet un avis sur l'aptitude du salarié à son poste du travail
- Il apporte son concours au chef d'établissement pour établir et actualiser la fiche d'exposition des travailleurs.
- Il est consulté pour la définition des mesures de protection collective et individuelle.
- Il peut formuler toute proposition au chef d'établissement quant au choix des équipements de protection individuelle en tenant compte de leurs modalités d'utilisation.
- Il émet un avis en ce qui concerne les expositions soumises à l'autorisation.
- Il participe aux enquêtes en cas de dépassement de dose.

Et comme nous l'impose la législation marocaine, ce présent kit décrit les connaissances théoriques fondamentales que doit maîtriser le médecin du travail, tout en restant fidèle à notre législation, nous avons voulu ainsi répondre à un besoin pratique pour l'exercice quotidien de sa fonction et répondre à une demande actuelle de formalisation d'outils pédagogiques, qui est liée au développement de la formation sur support informatique.

Cependant, il existe des contraintes de développement du kit, qu'on peut citer :

- L'investissement temps et échéance de réalisation : Pendant la conception du kit, plusieurs techniques ont été utilisées pour valider la trame pédagogique du kit et l'ensemble de la démarche, notamment l'étude de la documentation existante sur le sujet et un entretien de groupe, permettant d'interroger des personnes compétentes sur le sujet.
- L'investissement financier : il faut prévoir une enveloppe budgétaire
- Les moyens et matériels : durant la conception du kit d'autoformation destinés aux médecins du travail, il était difficile de trouver un informaticien disponible, habitué à ce genre de travaux utilisant des termes médicaux, maîtrisant un logiciel multimédia, c'est pourquoi il nous a fallu tant de temps pour le créer sous forme d'un Cdrom.

Et pour le valider, on a testé le travail sur un échantillon de médecins du travail, sur un nombre limité de personnes.

Les médecins du travail ont été interrogés sur :

- La compréhension des termes utilisés.
- La complexité des idées.
- L'ordre des questions, l'enchaînement logique des thèmes.
- Une évaluation des médecins du travail pour déterminer s'ils ont atteint les objectifs du kit.
- L'ergonomie du kit : L'ergonomie est la façon de rendre le CD utilisable par les médecins avec un maximum de confort et d'efficacité, PC compatible

On admet que :

- Le contenu du kit répond aux besoins en formation en radioprotection de la majorité des médecins interrogés.
- Ils recherchent principalement des informations sur le système de radioprotection marocain.
- Les utilisateurs sont globalement satisfaits du travail : 80% pour le contenu, et 70% pour l'ergonomie.
- Les suggestions à retenir :
 - Des Bulletins bibliographiques des nouveautés.
 - Des idées pour améliorer la lisibilité : de liens par page, outils de navigation plus dynamiques (listes déroulantes, boutons...).
 - Rafraichir les liens

Dans le domaine de la radioprotection, plusieurs ouvrages ont été édités à l'échelle nationale et internationale on peut citer par exemple :

- ✓ le Ministère de la Santé avec l'appui de l'OMS : Le guide sur la radioprotection dans le milieu médical, 2001.
- ✓ le Ministère de la Santé avec l'appui de l'OMS : Le guide sur la prévention des expositions accidentelles en radiothérapie, 2007
- ✓ le bureau international du travail : La radioprotection des travailleurs, 1987
- ✓ Université Notre-Dame de la Paix : Le manuel de radioprotection, version 2005
- ✓ Institut de radioprotection et de sureté nucléaire : Guide pratique Réalisation des études dosimétriques de poste de travail présentant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants, *rapport DRPH/DIR n°2007-6*
- ✓ Centre national de la recherche scientifique : Guide de radioprotection, septembre 2007
- ✓ Commission canadienne de sureté radiologie : Guide d'application de la réglementation « maintenir les expositions et les doses au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre ALARA », octobre 2004

Notre kit a un double intérêt, théorique et pratique.

↳ **Sur le plan théorique :**

Notre travail rejoint ceux déjà réalisés par les autres auteurs représentés par liste ci-dessus, ils s'inscrivent dans une politique d'accompagner les " radioprotectionnistes " sur leur terrain, tous ces travaux sont la résultante concrète d'une réflexion approfondie sur le meilleur itinéraire pédagogique pour atteindre les objectifs globaux de formation du personnel en matière de la radioprotection, ils présentent plusieurs avantages :

- Ils offrent une grande autonomie pour les lecteurs, pour qu'ils puissent s'auto former en radioprotection
- ils constituent une mémoire d'une formation en matière de la radioprotection.
- ils peuvent être consultés après la formation pour faciliter l'intégration de la formation.
- ils permettent le transfert du savoir, et un gain de temps considérables, car ils facilitent l'acquisition des conceptions.
- ils sont des investissements pour les établissements utilisant des rayonnements ionisants.

↳ **Sur le plan pratique :**

Ce kit apportera aux médecin du travail un certain nombre de leviers respectant la législation marocaine sur lesquels ils peuvent actionner pour atteindre et réaliser facilement les objectifs de formation en radioprotection et mettre en place des stratégies permettant le management du risque d'irradiation dans l'entreprise.

Le kit d'autoformation en radioprotection destiné aux médecins du travail, constitue une trame et non un produit figé, il ne pallie pas toutes les déficiences ; il sera important d'apporter des améliorations continues et d'adapter le contenu en fonction de besoins des médecins du travail, tout au long de notre formation en tant que médecin résidente en médecine du travail et durant notre carrière professionnelle en nous spécialisant dans le domaine de la radioprotection.

En effet, on prévoit des modifications qui reprendront les parties à compléter, il peut être agrémenté de plusieurs outils de formation pour rendre le kit plus interactif comme :

- Des jeux pédagogiques, en décrivant la situation de manière générale pour permettre l'improvisation.
- des études de cas en action de sensibilisation.
- des simulations en créant des situations fictives
- des vidéos.

VII- CONCLUSION

Au Maroc, la législation en matière de la radioprotection est relativement ancienne. L'étendue de l'usage des rayonnements ionisants est devenue de plus en plus importante, mais la surveillance médicale et dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants reste limitée d'où le rôle déterminant des médecins du travail dans le domaine de la radioprotection.

Le kit, que nous avons élaboré, est un outil pour initier les médecins du travail à la radioprotection, dans la perspective d'améliorer leurs connaissances scientifiques pour gérer les risques liés à la radio exposition, mais, au Maroc pour augmenter le nombre des compétences en radioprotection, il faut :

- Etablir une stratégie nationale efficace et renforcer des compétences par la formation dans le domaine de la Sûreté Radiologique.
- Organiser des formations spécifiques en radioprotection et enseigner les meilleures pratiques dans le cadre de Formations continues obligatoires.
- Prévoir, au niveau universitaire, et institutions concernées par la formation, des cours destinés à toutes les professions autorisées à utiliser les rayonnements.

Le médecin du travail joue un rôle important dans la prévention des risques professionnels dans le milieu du travail, qui consiste à éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur travail. Sa formation continue doit être obligatoire, pour accroître ses compétences. de ce fait il est nécessaire d'améliorer continuellement ce kit, et d'actualiser son

contenu en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques et de la législation nationale.

Ce kit constitue une première ébauche de notre réflexion sur le domaine de la radioprotection. C'est un document de travail, qui va nous permettre de poursuivre nos recherches dans ce domaine, voire même de se donner d'autres perspectives d'avenir professionnel en se spécialisant en radioprotection.

VIII- RESUMES

Titre : Kit d'autoformation en radioprotection destiné aux médecins du travail

Auteur : Leila BELAROUSSI

Mots clés : Radioprotection – Autoformation – Médecine du travail

Introduction :

Au Maroc, le nombre de travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, tous secteurs confondus, est de 4546 personnes. Les risques professionnels liés à cette exposition sont connus et codifiés de manière précise, contrastant avec une formation insuffisante des médecins du travail marocains en matière de la radioprotection. Pour remédier à cette situation, on a élaboré le kit d'autoformation en radioprotection destiné aux médecins du travail.

Matériels et méthodes :

La conception du kit s'est déroulée en plusieurs étapes, dont les plus importantes sont les suivantes : l'analyse de la législation nationale et les publications scientifiques en radioprotection, ainsi que le développement la trame pédagogique sur les logiciels Web page maker et swish 00.

Résultats :

Le présent kit est un support informatique, qui résume les connaissances relatives à cinq thèmes dont l'enchaînement logique constitue le fil conducteur de référence : La source de rayonnement ionisant entraîne une exposition, dont découlent l'absorption et la dose reçue, qui induit des effets biologiques, qui imposent de mesures de prévention.

Discussion :

La finalité de ce travail, est d'une part de contribuer à la démystification de la radioactivité et des rayonnements ionisants et d'autre part d'informer et de sensibiliser les médecins du travail sur l'importance des mesures techniques et administratives en matière de la radioprotection, ainsi qu'à la place qu'occupe le suivi médical et dosimétrique des travailleurs exposés à des dangers qu'ils courent dans le cadre de leur profession. La situation actuelle de formation en radioprotection au Maroc, ainsi que le besoin de formation en radioprotection exprimé par les médecins du travail marocains sont les principales raisons qui justifient la conception de ce kit. Ce document ne pallie pas toutes les déficiences ; il sera important d'apporter des améliorations continues et d'adapter le contenu en fonction de l'évolution des sciences et de la législation marocaine.

Conclusion :

Ce kit est un outil pédagogique, pour initier les médecins du travail marocains à la radioprotection, dans la perspective d'améliorer leur connaissance scientifique pour gérer les risques liés à la radio exposition.

Title : Self-training kit of radioprotection for occupational physicians

Auteur : Leila BELAROUSSI

Mots clés : Radioprotection – Self-training – occupational physicians

Introduction:

In Morocco, the number of workers exposed to ionizing radiation, in all sectors is 4546 persons. The professional risks related to such exposure are known and codified precisely, contrasting with insufficient training of Moroccan occupational physicians on radioprotection. To remedy this situation, we developed the Self-training kit of radioprotection for occupational physicians.

Materials and methods:

The kit's design occurred in several stages, of which the most important are: the analysis of the national legislation and scientific publications in radioprotection, and the development of educational software frame on web page maker and swish 00.

Results:

This kit is a computer support, summarizing knowledge on five themes which the logical sequence is the thread reference: The source of ionizing radiation causes exposure, which results absorption and received dose, which induces biological effects, which require preventive measures.

Discussion:

The purpose of this work, is firstly to contribute to the demystification of radioactivity and ionizing radiation and also to inform and educate occupational physicians on the importance of technical and administrative measures in radioprotection, as well as the place of medical and dosimetric monitoring of workers exposed to the dangers they face in the course of their profession, the current situation of radioprotection training in Morocco, as well as the need for training in radioprotection expressed by Moroccan occupational physicians are the main reasons for the design of this kit.

This document fails to address all deficiencies; it will be important to make continuous improvements and adapt the content based on the evolution of science and Moroccan law.

Conclusion :

This kit is an educational tool to introduce Moroccan occupational physicians in radioprotection, with a view to improve their scientific knowledge to manage the risks associated with the radio exposure.

العنوان : مجموع أدوات التكوين الذاتي في مجال الوقاية من الإشعاع، الموجهة لأطباء الشغل

الكاتب : ليلي بلعروسي

الكلمات الأساسية: الوقاية من الإشعاع – التكوين الذاتي – طب الشغل

مقدمة:

في المغرب يبلغ عدد العمال المعرضين للإشعاع الأيوني ، كل القطاعات مجتمعة؛ 4546 شخص. المخاطر المهنية المتعلقة بهذا التعرض معروفة وتم تدوينها بطريقة محددة، متناقضة مع تدريب غير كافي لأطباء الشغل المغاربة في مجال الوقاية من الإشعاع. لتصحيح هذا الوضع، قمنا بتحضير مجموع أدوات التكوين الذاتي في مجال الوقاية من الإشعاع الموجهة لأطباء الشغل.

أدوات وطرق:

استغرق تصميم هذه الأدوات عدة مراحل ، حيث الأكثر أهمية: تحليل التشريعات الوطنية والمنشورات في مجال الوقاية من الإشعاع، وكذا تطوير إطار البرمجيات التربوية حول صفحة الويب بيج ميكير و سويتش 00.

نتائج:

هذه المجموعة هي سند معلوماتي ، يلخص المعارف المتعلقة بخمسة مواضيع حيث التسلسل المنطقي هو المرجع الموجه : مصدر اللعان يسبب التعرض للإشعاع ، مما يؤدي إلى الامتصاص و الجرعة المحصل عليها، وبالتالي حدوث آثار بيولوجية ، والتي تتطلب اتخاذ تدابير وقائية.

مناقشة:

الهدف من هذا العمل هو أولا المساهمة في إزالة الغموض عن النشاط الإشعاعي والأشعة الأيونية و أيضا لتوعية وتثقيف أطباء العمل على أهمية التدابير التقنية والإدارية للحماية من الإشعاع؛ وكذلك المكانة التي تحتلها المراقبة الطبية والجرعات بالنسبة للعمال المعرضين للأخطار في مجال عملهم. إن الوضعية الحالية للتكوين في مجال الوقاية من الإشعاع بالمغرب، وكذا الحاجة إلى التكوين في مجال الوقاية من الإشعاع المعبر عنها من طرف أطباء الشغل المغاربة هي الأسباب الرئيسية التي تفسر وضع هذه المجموعة من الأدوات. هذه الوثيقة لا تتناول كل النقائص؛ ومن المهم القيام بتحسينات مستمرة وملاءمة المضمون تبعا لتقدم العلوم والتشريعات المغربية.

استنتاج:

هذه المجموعة هي أداة تعليمية لتلقين الأطباء المغاربة العاملين في ميدان الوقاية من الإشعاع، وذلك بهدف تحسين معارفهم العلمية لإدارة المخاطر المرتبطة بالتعرض للإشعاع.

IX- BIBLIOGRAPHIE

- 1- O. Aupée, N. Rizzo-Padoin, P. Le Garlantezec, X. Bohand, H. Foehrenbach, P. Laroche.
Aspects pratiques de radioprotection en radiopharmacie.
Original Research Article Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, September 2009 ; 70 (Issue 4) : 385-394.

 - 2- J. Plé , D. Charrier , L. Sajous , F. Coletti , D. Paul , I. Sari-Minodier
Le poste de radiologue industriel : contraintes, risques et surveillance.
Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 2008 ; 69 : 40-47.

 - 3- J. Plé, D. Charrier , I. Sari-Minodier.
Cas clinique surexposition aux rayonnements ionisants dans la pratique de la radiographie industrielle.
Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 2008 ; 69 : 48-53.

 - 4- J. M. Cosset , P. Gourmelon.
Accidents en radiothérapie : un historique
Cancer /Radiotherapie, 2002 ; 6 : 160-170.

 - 5- Balny F,I. Bouhier , J-L Alberini ,Y. Petegnief , S. Poignant.
Contraintes de radioprotection et d'aménagement d'une unité de tomographie par émission de positons (TEP)
Ingénierie biomédicale; 2004 ; 25 : 185- 190.
-

- 6- Y-S. Cordoliani.
Radioprotection : Chapitre XIII : Organisation de la radioprotection
Organismes internationaux, législation européenne et française.
Feuillets de Radiologie, 2004 ; 44 (4) : 285-291.
- 7- J.-L. Georges, G. Gibault-Genty, C. Charbonnel, J.-P. Aziza, A. Fetou, D. Pessenti-Rossi, B. Livarek.
Radioprotection et voies d'abord en cardiologie interventionnelle.
Annales de Cardiologie et d'Angéologie 2009 ; 58 : 366-372.
- 8- X. Castagnet, J.-C. Amabile, A. Cazoulat, S. Bohand, P. Laroche.
Radioprotection du personnel au bloc Opératoire Revue générale.
Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 2009 ; 70 : 373-384.
- 9- V. Dieu, A. Leroyer, A. Sobaszek.
Suivi du corps médical par le service de médecine du travail du personnel hospitalier au centre hospitalier régional universitaire de Lille. Evaluation des besoins en matière de prévention des risques professionnels.
Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 2008 ; 69 : 533-540.
- 10- X. Castagnet M. Mantzarides P. Laroche H. Foehrenbach.
Radioprotection du personnel dans un service de médecine nucléaire.
Archives des Maladies Professionnelles et de l'environnement, 2007; 68: 555-565
-

- 11-** Surveillance de l'exposition interne des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants.
Arrêté du 31 Décembre 2005 , législation Française
- 12-** Y-S Cordoliani, H Foehrenbach, A-M Dion et M Lahutte.
Risques liés à l'exposition d'une grossesse aux rayonnements ionisants.
Journal de Radiologie 2005 ; 86 : 601-6.
- 13-** G. Petyt, O. Cougnenc, A.-S. Defachelles, J.-L. Cazin, P. Carpentier
Radioprotection après injection thérapeutique de [131I]-mIBG :
données préalables à l'ouverture du protocole MIITOP-0607.
Médecine Nucléaire, 2009 ; 33 : 729-736.
- 14-** D-J Gambini.
Notions de dosimétrie.
Journal de Radiologie, 2010 ; 91 : 1189-91.
- 15-** Rojas, M.D, J. Denekamp, D.SC.
The influence of x ray dose levels on normal tissue.
Radioprotection Oncology Intelligence, vol 10 : 2351-2356.
- 16-** Artignon, F Conso et V. Hazebroucq.
Radiodermites en radiologie interventionnelle.
Journal de Radiologie, 2003 ; 84 : 317-319.
- 17-** Jean Donadieu, Pascale Scanff, Philippe Pirard, Bernard Aubert.
Exposition médicale aux rayonnements ionisants à visée diagnostique
de la population française : état des lieux fin 2002 en vue de la mise en
place d'un système de surveillance.
Bulletin Epidémiologique Hebdomadaires, n° 15-16 : 2006.
-

- 18-** Préparation et intervention en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique
Collection Normes de sûreté N° GS-R-2, Agence Internationale de L'Energie Atomique, 2004
- 19-** O. Kaphammel, N. Khalladi, A. Meyer, A. Schreiner, C. Back, R. Kap, A. Jahnen, N. Leners, C. Als.
Mise en place d'une équipe d'experts en physique médicale au Luxembourg : organisation, résultats qualité et radioprotection en médecine nucléaire.
Médecine Nucléaire 2002-2011; 527 : 7.
- 20-** G. ABADIA, C. GIMENZ.
Exposition aux rayonnements ionisants et radioprotection.
Document pour le Médecin du Travail, 1992 ; n° 51.
- 21-** La législation marocaine : la loi n° 005-71 du 12 Octobre 1971 relative à la protection contre les rayonnements ionisants ainsi que ses décrets d'application (décret n° 2-97-30 du 28 Octobre 1997; décret n° 2-97-132 du 28 Octobre 1997)
- 22-** Optimisation de la radioprotection dans les domaines électronucléaire, industriel et médical
Document pour le Médecin du Travail, 4^{èmes} Journées de la Société Française de Radioprotection, 26-27 Septembre 2006
-

- 23-** Protection des travailleurs contre les rayonnements.
Programme de la sécurité et la santé au travail et de l'environnement,
BIT, Shengli Niu Avril 2011
- 24-** Guide pratique Réalisation des études dosimétriques de poste de travail
présentant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants
IRSN, Rapport DRPH/DIR n°2007-6
- 25-** Gestion des sources des rayonnements ionisant :
Document pour le Médecin du Travail, Journée de la Société Française de
la radioprotection, Septembre 2005
- 26-** Ulrich Weickhardt Suva, Johannes Meier Suva.
Les irradiations accidentelles : Information sur le traitement des
irradiations accidentelles ; août 2002
- 27-** What the general practitioner (MD) should know about medical
handling of overexposed individuals, *IAEA -TEC DOC-366, 1986.*
- 28-** Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment
IAEA, Technical Reports Series No. 260, 1986.
- 29-** J. Christine, H. Métivier
Personne compétente en radioprotection : Principes de radioprotection
– réglementation
Edition 2007
-

- 30- Y-S. Cordiolani.
Radioprotection en milieu médical : principes et pratiques
MASSON, 2008
- 31-** Corine chauvin.
LE KIT DE FORMATION : de la conception à la réalisation
Edition 2001
- 32-** Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique
Publication 103 de la CIPR
- 33-** AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE: Les cours d'Enseignement à Distance en Radioprotection 2008.
- 34-** La législation française : Décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 et décret n° 75-306 du 28 avril 1975, modifié par le décret n° 88-662 du 6 mai 1988
-

بإسم الله الرحمن الرحيم

قسم الطبيب

أقسم بالله العلي العظيم

أن أراقب الله في مهنتي

وأن أصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف والأحوال، بأذلا وسعي في إنقاذها من الهلاك و المرض والألم والقلق. وأن أحفظ للناس كرامتهم، واستر عورتهم وأكتم سرهم. وأن أكون على الدوام من وسائل رحمة الله مسخرا كل رعايتي الطبية للقريب والبعيد، والصالح والطالح والصديق والعدو. وأن أثابر على طلب العلم المسخر لنفع الإنسان ... لا لأذاه. وأن أوقر من علمني، وأعلم من يصغرنني، وأن أكون أخوا لكل زميل في المهنة الطبية متعاونين على البر والتقوى. أن تكون حياتي مصداق إيماني في سري وعلانية، نقية مما يشينها تجاه الله ورسوله والمؤمنين

والله على ما أقول شهيد.

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admise à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leurs sont dus.

Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. Sa santé de mes malades sera mon premier but.

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.

Les médecins seront mes frères.

Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et ma passion.

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès la conception.

Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration de Genève, 1948.

جامعة محمد الخامس
كلية الطب و الصيدلة بالرباط



رقم : 18/14

مجموع أدوات التكوين الذاتي
في مجال الوقاية من الإشعاع
الموجهة لأطباء الشغل

أطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم

من طرف

السيدة ليلى بلعروسي

طبيبة داخلية بمستشفى ابن سينا بالرباط

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية : الوقاية من الإشعاع – التكوين الذاتي – طب الشغل

تحت إشراف لجنة مكونة من الأساتذة

رئيس	{	السيد : م. عدناوي أستاذ التعليم العالي في الطب الباطني
مشرف	{	السيد : ع. الخلطي أستاذ التعليم العالي في طب الشغل
حكام	{	السيد : م. أحلات أستاذ التعليم العالي في الجراحة العامة
		السيد : ب. بن علي أستاذ مبرز في طب الشغل